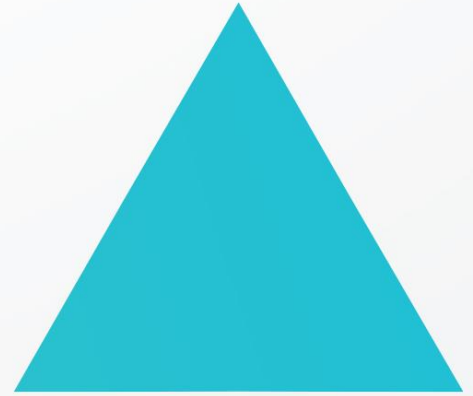


p-ISSN 2502-8952
e-ISSN 2623-2197

PENA **TEKNIK**



JURNAL ILMIAH
ILMU-ILMU
TEKNIK

Diterbitkan:
Fakultas Teknik
Universitas Andi Djemma Palopo

JIIT	Volume 6	Nomor 2	Halaman 48 - 85	September 2021	p-ISSN 2502-8952 e-ISSN 2623-2197
-------------	-----------------	----------------	----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

www.ojs.unanda.ac.id
email: penateknik@unanda.ac.id

EDITORIAL TEAM & PEER REVIEWERS

Advisory Board

Dr. Sukriming Sapareng, SP, MP. : Ketua LP2M Univ. Andi Djemma
Jusmidah, ST., MT. : Dekan Fakultas Teknik Univ. Andi Djemma

Editor in Chief

Amiruddin Akbar Fisru, ST., MT : Universitas Andi Djemma

Managing Editor

Hisma Abduh, S.Kom, M.Cs : Universitas Andi Djemma
Dr. Windra Priatna Humang, ST., MT : Universitas Andi Djemma

Board of Editor

Ahmad Ali Hakam Dani, S.Si, M.T.I : Universitas Andi Djemma
Apriyanto, S.Pd., M.Sc : Universitas Andi Djemma
Dwiana Novianti Tufail, ST., MT : Institut Teknologi Kalimantan
Rani bastari Alkam, ST., MT : Universitas Muslim Indonesia
Gafar lakatupa, ST., M.Eng : Universitas Hasanuddin
Zulqadri Ansar, ST., MT : Institut Teknologi Sumatera
Dwinsani Pratiwi Astha, ST, MT : Universitas Tadulako
Feni Kurniati, S.Ars., MT : Institut Teknologi Bandung
Fitrawan Umar, ST., M.Sc : Universitas Muhammadiyah Makassar

Asistant Editor

Restu, S.Kom : Universitas Andi Djemma
Amiul Amruh A.M : Universitas Andi Djemma

Peer Reviewer

Dr. Rossy Armyn Machfudiyanto, ST, MT : Universitas Indonesia
Dasha Spasojevic, Ph.D : Monash University, Australia
Dr. Ringgy Masuin : Litbang Kementerian PUPR Republik Indonesia
Dr. Ihsan Latief : Universitas Hasanuddin
Dr. Nurul Wahjuningsih : Institut Teknologi Bandung
Dr. Imam Sonny : Litbang Kementerian Perhubungan Republik Indonesia
Dr. Johny Malisan : Litbang Kementerian Perhubungan Republik Indonesia
Dr. Windra Priatna Humang : Universitas Andi Djemma
Dr. Dadang Iskandar : Universitas Muhammadiyah Metro
Retantyo Wardoyo, Ph.D : Universitas Gadjah Mada
Prof. Slamet Trisutomo : Universitas Hasanuddin

TABLE OF CONTENT

Penerapan Metode Silhouette Coeficient Untuk Evaluasi Clustering Obat Solmin Paembonan, Hisma Abduh	48-54
Pemanfaatan Limbah Carsul Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Konsentrasi Chrome Hexavalent Dalam Air Limbah Industri Nikel Muhammad Muzammil Ikmal, Mery Selintung, Rosalinda Ibrahim	55-60
Analisa Deformasi Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Derbo dan Wetfix Winarno Arifin, Asma Massara, Andi Alifuddin, Muh.Fahul Ramadhan, Muhammad Tauiq	61-67
Persepsi Perubahan Aspek Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan Terhadap Keberadaan Jalan Tol Layang AP Pettarani Lambang Basri Said, Ilham Syafei, Watono, Fadel Muhammad Anis, Muh. Yusuf Al Makassari	68-75
Pengaruh Pergerakan Putar Balik Arah terhadap Kinerja Ruas Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar Rani Bastari Alkam, Muh. Ilham Marhabang, Muh. Ikhwan	76-85

Penerapan Metode Silhouette Coefficient Untuk Evaluasi Clustering Obat

Solmin Paembonan¹, Hisma Abduh²

^{1,2} Universitas Andi Djemma, Palopo, Indonesia
Email: ¹solmin.p@unanda.ac.id, ²isma.syakirah21@gmail.com

Abstract

Dalam penelitian ini menggunakan metode k-means, metode ini dapat digunakan untuk menjadikan beberapa obat yang mirip menjadi suatu kelompok data tertentu. Salah satu cara untuk mengetahui tingkat kemiripan data adalah melalui perhitungan jarak antar data. Semakin kecil jarak antar data semakin tinggi tingkat kemiripan data tersebut dan sebaliknya semakin besar jarak antar data maka semakin rendah tingkat kemiripannya. Tujuan akhir clustering adalah untuk menentukan kelompok dalam sekumpulan data yang tidak berlabel, karena clustering merupakan suatu metode unsupervised dan tidak terdapat suatu kondisi awal untuk sejumlah cluster yang mungkin terbentuk dalam sekumpulan data, maka dibutuhkan suatu evaluasi hasil clustering. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan terhadap hasil clustering dengan nilai dari silhouette coefficient = 0,4854.

Kata Kunci

Clustering; K-means;
Silhouette coefficient.

Abstract

In this study using the k-means method, this method can be used to make several similar drugs into a certain data group. One way to determine the level of similarity of the data is through the calculation of the distance between the data. The smaller the distance between the data, the higher the level of similarity between the data and vice versa, the greater the distance between the data, the lower the similarity level. For a number of clusters that may be formed in a data set, an evaluation of the results of clustering is needed. Based on the evaluation carried out on the results of clustering with the value of the silhouette coefficient = 0.4854..

Keywords

Clustering; K-means;
Silhouette coefficient.

1. PENDAHULUAN

Menurut SK Menteri Kesehatan. No.193/Kab/B.VII/ 71 tanggal 9 Juni 1971, yang disebut dengan obat ialah suatu bahan atau paduan bahan-bahan untuk digunakan dalam menetapkan diagnosis, mencegah, mengurangi, menghilangkan, menyembuhkan penyakit, luka atau kelainan badaniah dan rohaniah pada manusia atau hewan, memperelok badan atau bagian badan manusia.

Obat dapat diganti dengan persetujuan dokter penulis resep, apoteker dan pasien/konsumen dapat langsung berkonsultasi dengan dokter untuk meminta persetujuan penggantian obat. Dokter berhak mengganti obat bermerek atau obat paten dengan obat paten lainnya atau dengan obat generik, dan dokter boleh mengganti obat generik dengan obat paten. Setelah mendapat persetujuan dari dokter dan pasien maka apoteker berhak mengganti obat yang dibutuhkan konsumen.

Proses penemuan pola dapat dilakukan dengan mengelompokkan data kedalam cluster-cluster sehingga data-data yang memiliki kemiripan berada pada cluster yang sama dan data-data yang tidak memiliki kemiripan terletak pada cluster yang berbeda (Abul Hasan 2011).

K-means cluster sebagai solusi untuk pengklusteran karakteristik dari objek yang digunakan untuk meringkas pengolahan objek dalam jumlah yang besar dari jumlah obat sehingga lebih memudahkan untuk mendeskripsikan sifat-sifat atau karakteristik dari masing-masing kelompok obat. (Jiptake, 2012) menyatakan k-means clustering menghasilkan akurasi yang cukup tinggi dan membutuhkan waktu yang cukup singkat. Dalam penelitian ini menggunakan metode k-means untuk menjadikan beberapa obat yang mirip menjadi suatu kelompok data tertentu. Obat dengan

karakteristik yang sama akan dikelompokkan dalam satu cluster dan obat dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan kedalam cluster yang lain.

Penggunaan metode silhouette dalam penelitian ini, dimana pada metode ini digunakan untuk merepresentasikan seberapa tepat suatu objek data ditempatkan pada sebuah cluster.

2. METODE PENELITIAN

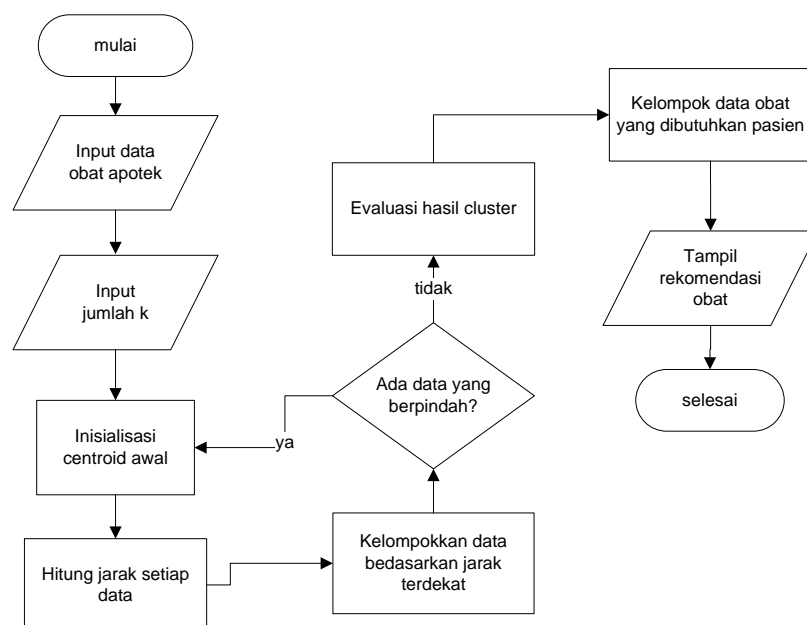
2.1 Deskripsi Sistem

Algoritma *k-means cluster* analisis termasuk dalam kelompok metode *cluster* analisis non hirarki yang membagi set data kedalam *cluster* yang tidak bertumpang-tindih antara satu *cluster* dengan *cluster* yang lain artinya setiap data hanya menjadi anggota satu *cluster* saja, dimana jumlah kelompok yang akan dibentuk sudah terlebih dahulu diketahui atau ditetapkan jumlahnya, salah satu cara untuk mengetahui tingkat kemiripan data untuk metode *k-means* adalah melalui perhitungan jarak antar data. Semakin kecil jarak antar data semakin tinggi tingkat kemiripan data tersebut dan sebaliknya semakin besar jarak antar data maka semakin rendah tingkat kemiripannya.

Jumlah *cluster* yang berbeda dari set data yang sama memberikan nilai evaluasi yang berbeda pula. Pemilihan metode *silhouette* digunakan untuk melihat kualitas *cluster* dimana seberapa baik suatu objek ditempatkan dalam suatu *cluster*.

2.2 Sistem yang diusulkan

Adapun diagram alir dokumen sistem yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem yang diusulkan

2.3 Clustering

Jain (2010) menyatakan *clustering* adalah proses pengelompokan suatu pola yang belum memiliki label dan dilakukan tanpa supervisi menjadi sebuah kelompok yang memiliki karakteristik tertentu. Hal ini didukung oleh Darmi dan Setiawan (2016). *Clustering* sangat penting pada beberapa permasalahan antar lain analisa pola, pembuatan keputusan, machine learning, data mining dan sebagainya.

Teknik *clustering* termasuk teknik yang sudah cukup dikenal dan banyak dipakai dalam *data mining*. *Data mining* melibatkan integrasi teknik dari berbagai disiplin ilmu seperti database dan data warehouse teknologi, statistik, pengenalan pola, jaringan saraf, visualisasi data, serta pemrosesan sinyal (Mestien & Sari 2015). Oleh karena itu, data mining dianggap salah satu bidang ilmu yang paling penting dalam database dan sistem informasi sebagai salah satu bidang yang paling menjanjikan dalam perkembangan interdisipliner dalam teknologi informasi. Kelebihan dari algoritma k-means terletak pada kecepatan untuk mencapai konvergen serta kemudahan dalam pengimplementasian (Kao dan Lee, 2009).

2.4 K-means

K-means merupakan algoritma *clustering* yang termasuk kedalam *partition clustering* merupakan metode *clustering* yang mengelompokkan berdasarkan tingkat kesamaan antar data (Alam, 2014) (Romsini dkk, 2018) (Handoko, 2016). Data yang berada pada *cluster* yang sama memiliki tingkat kesamaan yang tinggi sedangkan data yang berada pada *cluster* yang berbeda tingkat kemiripannya rendah. Penentuan kemiripan bisa dilakukan dengan banyak cara antara lain berdasarkan jarak, pola, dan kepadatan. *Euclidean distance* merupakan salah satu metode penghitungan tingkat kesamaan antar titik data yang berbasis pada jarak. Adapun langkah-langkah *clustering* dengan k-means dapat dijabarkan sebagai berikut (Kao, 2009):

1. Inisialisasi pusat *cluster k* secara random
2. Ulang
 - 2.1 Menghitung jarak masing-masing data dengan tiap-tiap *cluster*. Perhitungan jarak menggunakan *euclidian distance* dengan persamaan (1).

$$D(x_p, z_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^d (x_{pi} - z_{ji})^2} \quad 1$$

Dimana:

x_p : titik data ke-p

z_j : titik pusat *cluster* ke-j

d : jumlah atribut dari tiap pusat *cluster*

- 2.2 Setiap data dimasukkan ke dalam *cluster* dengan jarak pusat *cluster* terkecil dengan titik data.

- 2.3 Dilakukan perhitungan pusat *cluster* baru dengan persamaan (2)

$$z_j = \frac{1}{n_j} \sum_{x_p \in c_j} x_p \quad 1$$

Dimana:

n_j : jumlah titik data dalam *cluster j*

c_j : himpunan titik data dalam *cluster k*.

3. Proses terus berulang sampai kriteria berhenti dipenuhi

Ada beberapa kriteria yang dapat dijadikan acuan berhenti dalam proses *clustering* k-means yaitu ketika k-means telah memenuhi jumlah iterasi maksimum yang sudah ditetapkan, jika *centroid* tidak mengalami perubahan posisi terbilang kecil dalam jumlah iterasi tertentu, tidak ada lagi perpindahan *cluster* dari titik data.

2.5 Silhouette Coefficient

Metode ini merupakan metode evaluasi *cluster* yang menggabungkan metode *cohesion* dan *separation*. *Cohesion* diukur dengan menghitung seluruh objek yang terdapat dalam sebuah *cluster* dan *separation* diukur dengan menghitung jarak rata-rata setiap objek dalam sebuah *cluster* dengan *cluster* terdekatnya (Rendon, 2011) (Pramesiti, dkk 2017) (Wira dkk, 2019). Jarak antara data dihitung dengan menggunakan rumus *euclidean distance*. Untuk menyediakan informasi tentang kualitas hasil *clustering* pada proses *clustering*, dapat dihitung *silhouette* dari masing-masing *cluster* bahkan keseluruhan *cluster* dari hasil kerja suatu algoritma *clustering*. Nilai *silhouette* untuk keseluruhan data dengan jumlah *cluster k*, dapat didefinisikan sebagai *sil (k)* yang dihitung dengan persamaan (3) yakni rata-rata *silhouette value* untuk semua *cluster*.

$$sil(c) = sil(k) \frac{1}{|k|} \sum_{i=1}^k sil(c_i) \quad 2$$

Dimana:

$sil(k)$: nilai *silhouette* semua cluster

$|k|$: banyaknya cluster k

$sil(c_i)$: rata-rata nilai *silhouette*

2.6 Implementasi

2.5.1. Pembahasan hasil clustering

Setelah melakukan implementasi maka dapat diamati hasil dari *clustering* menggunakan *k-means* yang digunakan dalam pembentukan cluster. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari apotek Rs. Grestelina Makassar.



Gambar 1. Hasil cluster

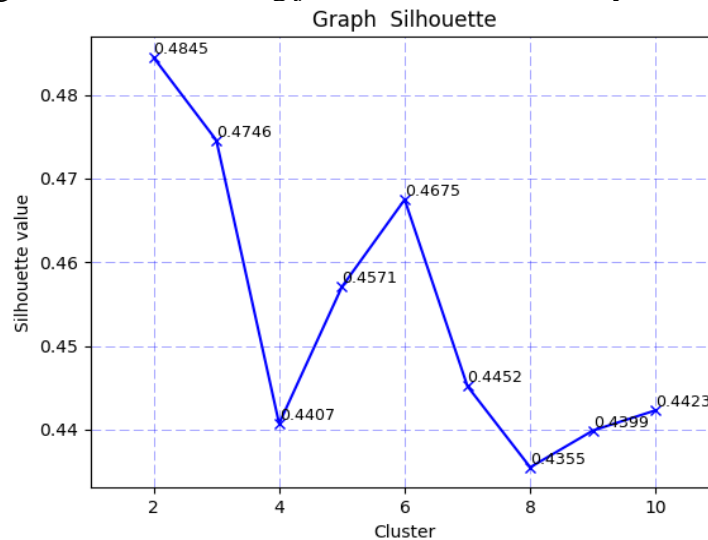
Hasil proses *clustering* dapat dilihat dalam bentuk visualisasi grafik *scatter*, yang menampilkan visualisasi sebaran dataset seperti yang tersaji pada Gambar 1. Hasil *clustering* seperti yang tersaji pada Gambar 1 menampilkan informasi data dengan warna hitam merupakan keanggotaan dari cluster 1 dan keanggotaan pada cluster 2 menampilkan data yang berwarna hijau. Hasil *clustering* ini kemudian diuji menggunakan *silhouette coefisien* untuk semua cluster dengan nilai = 0,4854, dengan jumlah $k=2$.

Penggantian obat dapat dilakukan dengan persetujuan dokter penulis resep, apabila terjadi kekosongan, stok obat tidak tersedia, maka apoteker atau pasien dapat langsung berkonsultasi dengan dokter untuk meminta persetujuan penggantian obat. Apoteker dan pasien/konsumen dapat langsung berkonsultasi dengan dokter untuk meminta persetujuan penggantian obat. Menurut PP No.51 tahun 2009 tentang Pekerjaan Kefarmasian, pasal 24 poin b, mengganti obat merek dagang dengan obat generik yang sama komponen aktifnya atau obat merek dagang lain atas persetujuan dokter dan atau pasien. Begitupun dalam Permenkes No. HK.02.02/MENKES/068/I/ 2010/ pasal 7 bahwa apoteker dapat mengganti obat merek dagang/obat paten dengan obat generik yang sama komponen aktifnya atau merek dagang lain atas persetujuan dokter dan/atau pasien dan Permenkes No. HK.02.02/MENKES/068/I/2010/pasal 8 tentang dokter rumah sakit atau puskesmas dan unit pelaksana teknis lainnya dapat menyetujui pengantian resep obat generik dengan obat generik bermerek/bermerek dagang dalam hal obat generik tertentu belum tersedia.

2.5.2. Pengujian Hasil Clustering K-means

Pada proses *clustering* menggunakan *k-means* dengan parameter yang digunakan ialah penentuan jumlah cluster (k) dan maksimum iterasi. Parameter ini akan berpengaruh pada penentuan *centroid* yang akan digunakan pada proses perhitungan jarak data dengan *centroid* menggunakan *euclidean* hingga pada penentuan anggota cluster. Pengujian hasil *clustering* menggunakan metode *shilouette coefficient* dilakukan dengan jumlah cluster $k=2$ sampai $k=10$.

Dari hasil proses perhitungan *silhouette coefficient* terhadap data obat maka hasil *silhouette coefficient* yang maksimum adalah pada saat $k=2$ dengan nilai *silhouette* = 0,4854. Nilai rata-rata *silhouette coefisien* untuk semua *cluster* seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian yang di tunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 1 memberikan informasi mengenai jumlah *cluster* dan nilai *silhouette* yang maksimum dengan hasil *clustering* untuk $k=2$ dan nilai *silhouette* = 0,4854, dan ketika jumlah *cluster* (k) semakin besar maka nilai *silhouette* yang dihasilkan cenderung lebih kecil dibanding jumlah *cluster* sebelumnya.



Gambar 2. Grafik nilai *silhouette*

Nilai *silhouette* terlihat kembali meningkat ketika jumlah *cluster* = 6 dengan nilai *silhouette* = 0,4675, namun ketika nilai dari jumlah *cluster* bertambah, nilai *silhouette* kembali menurun. Nilai *silhouette* terkecil saat jumlah *cluster* = 8 dengan nilai *silhouette* = 0,4355.

Tabel 1 Nilai *silhouette*

No	Cluster	Nilai <i>silhouette</i>
1	K2	0,4854
2	K3	0,4746
3	K4	0,4407
4	K5	0,4571
5	K6	0,4675
6	K7	0,4452
7	K8	0,4355
8	K9	0,4399
9	K10	0,4423

2.5.3. Halaman Menu Utama

Halaman utama merupakan tampilan yang akan dijalankan pertama kali oleh *user*. Pada tampilan utama memiliki 2 menu yaitu menu *file*, *tools* dan 3 tombol yang terdiri dari tombol obat, *clustering* dan rekomendasi. Gambar 3 menampilkan halaman utama.



Gambar 3. Form menu utama

2.5.4. Halaman Pencarian Obat

Pencarian obat yang dibutuhkan pasien dilakukan dengan menginputkan nama komposisi obat, dosis obat, jenis obat dan harga obat pada aplikasi, selanjutnya muncul menu *dropdown* untuk memilih satuan obat dan jenis obat yang dicari. Halaman pencarian obat di tunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 4. Form Pencarian Obat

2.5.5. Halaman Hasil Rekomendasi Obat

Pada halaman hasil pencarian obat menampilkan waktu pencarian obat dan urutan rekomendasi pengganti obat dengan nama obat, komposisi obat, jenis obat, satuan obat dan harga, seperti yang tersaji pada Gambar 4.

kode_obat	nama_obat	komposisi	satuan	jenis	harga
SANCS01	ANCEFA 250MG FORTE DRY SYR	Cefadroxil monohydrate	250 mg	tablet	6441.08
SQDRX02	QIDROX FORTE SYRUP	Cefadroxil monohydrate	250 mg	tablet	9300.00
SCEF01	CEFAT DRY SYRUP 60 ML	Cefadroxil monohydrate	250 mg	tablet	43670.00
SALXL01	ALXIL 60 ML SYRUP	Cefadroxil monohydrate	250 mg	tablet	44000.00

Gambar 5. Halaman Pencarian Obat

3. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diberikan setelah proses pengerjaan dari perancangan, implementasi dan uji coba yang telah dilakukan dengan metode *clustering k-means* yang digunakan untuk proses

rekomendasi pengganti obat bagi pasien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *k-means clustering* dengan jumlah $k = 2$ cluster, merupakan jumlah cluster yang ideal menggunakan *silhouette* dengan nilai 0,4854.

4. REFERENCES

- A. K. Jain, M. N. Murty, dan P. J. Flynn, "Data clustering: a review," *ACM Comput. Surv.*, vol. 31, no. 3, hlm. 264–323, Sep 1999.
- Darmi, Y. D., & Setiawan, A. (2016). Penerapan metode clustering k-means dalam pengelompokan penjualan produk. *Jurnal Media Infotama*, 12(2).
- E. Rendón, I. Abundez, A. Arizmendi, and E. M. Quiroz, "Internal versus External cluster validation indexes," vol. 5, no. 1, 2011.
- Handoko, K. (2016). Penerapan Data Mining dalam Meningkatkan Mutu Pembelajaran Menggunakan Metode K-MEANS Clustering. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 2(3), 31-40.
- Jiptake, B. R., & Gohokar, V. V. (2012). A Comparative Analysis of Fuzzy C-Means Clustering and K Means Clustering Algorithms. *International Journal of Computational Engineering Research*, 737-739.
- M. J. Abul Hasan dan S. Ramakrishnan, "A survey: hybrid evolutionary algorithms for cluster analysis," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 36, no. 3, hlm. 179–204, Okt 2011.
- Metisen, B. M., & Sari, H. L. (2015). Analisis clustering menggunakan metode K-Means dalam pengelompokan penjualan produk pada Swalayan Fadhila. *Jurnal media infotama*, 11(2).
- Pramesti, D. F., Furqon, M. T., & Dewi, C. (2017). Implementasi Metode K-Medoids Clustering Untuk Pengelompokan Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan Berdasarkan Persebaran Titik Panas (Hotspot). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN, 2548, 964X.Y.*
- Kao dan S.-Y. Lee, "Combining K-means and particle swarm optimization for dynamic data clustering problems," dalam *2009 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Shanghai, China, 2009, hlm. 757–761.
- Rosmini, R., Fadlil, A., & Sunardi, S. (2018). Implementasi Metode K-Means Dalam Pemetaan Kelompok Mahasiswa Melalui Data Aktivitas Kuliah. *IT Journal Research and Development*, 3(1), 22-31.
- S. Alam, G. Dobbie, Y. S. Koh, P. Riddle, dan S. Ur Rehman, "Research on particle swarm optimization based clustering: A systematic review of literature and techniques," *Swarm Evol. Comput.*, vol. 17, hlm. 1–13, Agu 2014.
- Surat Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 193/Kab/B.VII/71 tentang Pembungkusan Dan Penandaan Obat.
- Wira, B., Budianto, A. E., & Wiguna, A. S. (2019). Implementasi Metode K-Medoids Clustering Untuk Mengetahui Pola Pemilihan Program Studi Mahasiswa Baru Tahun 2018 Di Universitas Kanjuruhan Malang. *Rainstek: Jurnal Terapan Sains & Teknologi*, 1(3), 53-68.

Pemanfaatan Limbah *Carsul* Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Konsentrasi *Chrome Hexavalent* Dalam Air Limbah Industri Nikel.

Muhammad Muzammil Ikmal¹, Mery Selintung², dan Rosalinda Ibrahim^{3, 4}

^{1,2,3}Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Indonesia

⁴Institut Teknologi Sepuluh Nopember

¹muh.zammil01@gmail.com, ²mary.selintung@yahoo.com, ³linda_lingk09@yahoo.co.id

Abstrak

Pertambangan merupakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan. Pertambangan nikel di Sorowako yang saat dipegang oleh PT. Vale Indonesia, Tbk, Salah satu limbah yang dihasilkan pada kegiatan penambangan bijih nikel berupa *Carsul* yang berasal dari *sulphur melter* yang merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar kandungan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah hasil produksi tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk. dan menganalisis pengaruh massa koagulan (*Carsul*) serta lama waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia. Tbk. Metodologi yang digunakan adalah kuantitatif eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan kandungan air limbah hasil produksi PT. Vale Indonesia, Tbk 0,2 ppm, adapun massa koagulan yang paling efektif adalah 5gram dengan rata-rata efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* sebesar 98,5%, dan lama waktu pengadukan optimum adalah 20 detik dengan rata-rata efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* sebesar 97,2%. Berdasarkan nilai penyisihan kadar *Chrome Hexavalent* oleh *Carsul* sebagai koagulan cukup memberikan pengaruh positif dan cukup efektif.

Kata Kunci

Air Limbah; *Carsul*; *Chrome Hexavalent*; Koagulan; Tambang.

Abstract

Mining is an activity related to the environment. Nickel mining in Sorowako, which was currently held by PT. Vale Indonesia, Tbk, One of the wastes generated in nickel ore mining activities is *Carsul* which comes from sulfur melter which is a mineral source that can be reprocessed. The purpose of this study was to determine the content of *Chrome Hexavalent* in the waste water produced by the nickel mine of PT. Vale Indonesia, Tbk. and to analyze the effect of coagulant mass (*Carsul*) and the length of time of stirring on the removal efficiency of *Chrome Hexavalent* in PT. Vale Indonesia. Tbk. The methodology used is quantitative experiment. The results showed that the content of waste water produced by PT. Vale Indonesia, Tbk 0.2ppm, while the most effective coagulant mass is 5 grams with an averageremoval efficiency *Chrome Hexavalent* of 98.5%, and the optimum stirring time is 20 seconds with an averageremoval efficiency *Chrome Hexavalent* of 97.2. %. Based on the removal value oflevels *Chrome Hexavalent* by *Carsul* as a coagulant, it was quite positive and quite effective.

Keywords

Carsul; Coagulant; *Chrome Hexavalent* Mining, Wastewater.

1. PENDAHULUAN

Secara berkelanjutan PT. Vale Indonesia, Tbk. terus mengembangkan pengelolaan dan pengolahan limbah dari kegiatan operasi pertambangan maupun produksi nikel dalam *matte*. Salah satu limbah yang dihasilkan pada kegiatan penambangan bijih nikel berupa *Carsul* yang berasal dari *sulphur melter* yang merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Saat ini *Carsul* belum digunakan secara internal oleh PT. Vale Indonesia Tbk. Dengan kandungan 88% Sulfur, 11% Cao,

dan 1% Fe serta Mn dalam *Carsul* maka bisa dilakukan cara untuk mendaur ulang bahan tersebut menjadi produk baru.

Pada air limbah hasil produksi tambang nikel selalu menghasilkan produk samping ataupun zat sisa yang berupa padatan maupun cair hal tersebut pasti terjadi dalam proses pemecahan bongkahan untuk mendapatkan inti nikel di dalamnya. Hal tersebut biasa dilakukan dalam proses *Pressing Machine* yang dimana pada proses ini bertujuan untuk memecah bongkahan agar nikel yang berada di dalam bongkahan tersebut dapat diambil, atau merupakan proses pemisahan antara nikel dan bongkahan yang melengket dengan nikel tersebut.

Dari hasil observasi yang telah dilakukan bagian internal PT. Vale Indonesia, Tbk berusaha untuk mencari cara untuk memanfaatkan produk sampingan dari hasil *Pressing Machine* berupa *Carsul* untuk menjadi hal yang lebih bermanfaat dan bernilai menyelamatkan lingkungan dari tercemarnya karena produk samping dari hasil proses pertambangan nikel PT. Vale Indonesia, Tbk (Palippui, 2020).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis efektivitas pengelolaan lingkungan adalah menguji efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* yang berada di dalam air limbah tambang PT. Vale Indonesia, Tbk, sebuah metode pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui nilai manfaat dari sebuah kegiatan dilihat dari sudut pandang secara keseluruhan (Fitrianto dkk, 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis efektivitas pengelolaan lingkungan adalah menguji efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* yang berada di dalam air limbah tambang PT. Vale Indonesia, Tbk, sebuah metode pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui nilai manfaat dari sebuah kegiatan dilihat dari sudut pandang secara keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar kandungan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah hasil produksi tambang nikel, menganalisis pengaruh massa koagulan *Carsul* terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel dan menganalisis pengaruh lama waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap (Astutia, 2020).

Carsul sebagai *by product* dari proses *Sulfur Melter* merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Adapun kandungan *Carsul* adalah: Sulfur 88%, Ca 11%, Fe & Mn 1%. Saat ini *Carsul* belum digunakan secara internal oleh PT. Vale Indonesia, Tbk. Dengan kandungan 88% Sulfur maka bisa dilakukan cara untuk mendaur ulang bahan tersebut menjadi produk baru (Vale, 2020).

Limbah Cr(VI) menjadi populer mengingat sifatnya yang tidak mudah terurai di alam dan karsinogenik. Logam kromium tersebut terdapat di alam dalam dua bentuk oksida, yaitu oksida Cr(III) dan Cr(VI). Daya racun yang dimiliki kromium ditentukan oleh bilangan oksidasinya. Uniknyanya hanya Cr(VI) yang bersifat karsinogenik sedangkan Cr(III) tidak (Said, 2018). Hal ini karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan (Blessing dkk, 2020) (Zamil, 2021).

Umumnya pengolahan limbah cair yang mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dapat dilakukan secara kimia. Pengolahan ini termasuk reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Beberapa upaya pengolahan limbah Cr(VI) yang telah dilakukan seperti bioreduksi, ion exchange, adsorpsi dengan karbon aktif dan reduksi dengan bantuan bakteri, dimana memiliki kelemahan yaitu diperlukannya

energi yang sangat tinggi dan/atau bahan kimia yang sangat banyak. Karenanya pengolahan limbah Cr(VI) memerlukan biaya yang cukup besar sehingga perlu dilakukan pengolahan alternatif lain dengan biaya yang relatif lebih murah dan efektif (Fasya, 2018) (Lestari dkk, 2019).

Limbah cair (effluent) yang dihasilkan dari operasi penambangan dan pengolahan bijih nikel diolah untuk mengurangi kandungan total padatan tersuspensi (TSS) dan Chromium (Cr⁶⁺). PT. Vale Indonesia Tbk, berkomitmen untuk mengolah limbah cair tersebut agar memenuhi standar kualitas sebelum dikembalikan ke badan air (Vale, 2017).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitian bersifat eksperimen kuantitatif yaitu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui Efektifitas *Carsul* dalam menurunkan kadar *Chrome Hexavalent* pada air hasil produksi PT. Vale Indonesia, Tbk. Penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu:

1. Variabel bebas yaitu massa koagulan *Carsul*, dan lama waktu pengadukan.
2. Variabel terikat yaitu kadar konsentrasi *Chrome Hexavalent*.

Adapun variabel massa *Carsul* terdiri dari 5 variasi yaitu 5 gram, 10 gram, 20 gram, 30 gram, dan 40 gram. sedangkan variabel lama waktu pengadukan terdiri dari 4 variasi yaitu 20 detik, 30 detik, 60 detik, dan 90 detik.

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian skala laboratorium dilaksanakan di laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, dengan mengambil sampel dari PT. Vale Indonesia, Tbk. Sedangkan untuk waktu penelitian dilaksanakan mulai dari minggu pertama tanggal 4 di bulan Januari 2021 hingga pekan terakhir di bulan Maret 2021, pada waktu tersebut penelitian dilakukan dengan skala uji laboratorium mulai dari persiapan alat, kemudian bahan, hingga proses pengadukan serta pengujian dan analisis data.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah cawan, gelas ukur 50ml, gelas ukur 1000ml, tabung reaksi, pipet tetes 20ml, pipet tetes 50ml, pipet tetes 100ml, neraca analitik, kertas Ph, pengaduk kaca, *Floculator*, *Stopwatch* dan *UV-Vis*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah, *Carsul*, Air hasil Produksi PT. Vale Indonesia, Tbk, asam Fosfat, *Defenilcarbazona*, dan Aquades.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini menggunakan *Carsul* dari air limbah yang dihasilkan dari PT. Vale Indonesia, Tbk. Sampel yang digunakan sebagai objek pada penelitian ini ialah *Carsul* dan air limbah yang mengandung *Chrome Hexavalent* (Cr⁶⁺) dengan kadar 0,2 ppm dari PT. Vale Indonesia, Tbk.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

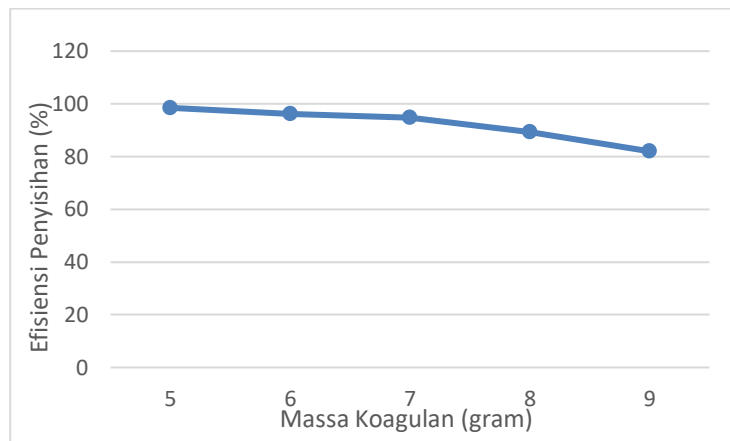
Kandungan *Chrome Hexavalent* Dalam Air Limbah Tambang Nikel

Pada penelitian ini data awal yang di dapatkan ialah kandungan *Chrome Hexavalent* pada air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk, Kadar kandungan *Chrome Hexavalent* diketahui melalui pengujian menggunakan alat *UV-Vis* sebagai alat untuk mengetahui kadar *Chrome Hexavalent*.

Kadar kandungan *Chrome Hexavalent* pada air limbah tambang nikel melalui pengujian *UV-Vis* ialah 0.2 ppm, dan hal tersebut tidak memenuhi standar baku mutu dari PERMENLH No.5 Tahun 2014 mengenai standar baku mutu untuk *Chrome Hexavalent* (Cr⁶⁺) adalah 0,1 ppm.

Pengaruh Massa Koagulan *Carsul* Terhadap Efisiensi Penyisihan *Chrome Hexavalent* Dalam Air Limbah Tambang Nikel

Carsul yang digunakan merupakan koagulan tunggal yang berfungsi untuk menurunkan kadar konsentrasi *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk. Variasi jumlah massa koagulan ialah 5g, 10g, 20g, 30g, dan 40g. variasi jumlah massa koagulan yang di tentukan hampir sama dengan variasi jumlah koagulan yang dilakukan pada penelitian Winarni.,dkk (2011) Penelitian dilakukan secara batch dalam skala laboratorium dengan menggunakan jar-test, yang merupakan simulasi operasional proses pengolahan konvensional. Jar-test dilakukan pada 2 replikat untuk tiap seri jar-test, dimana dalam 1 seri dilakukan pada kecepatan putaran dan waktu pengadukan yang konstan dengan variasi dosis koagulan.

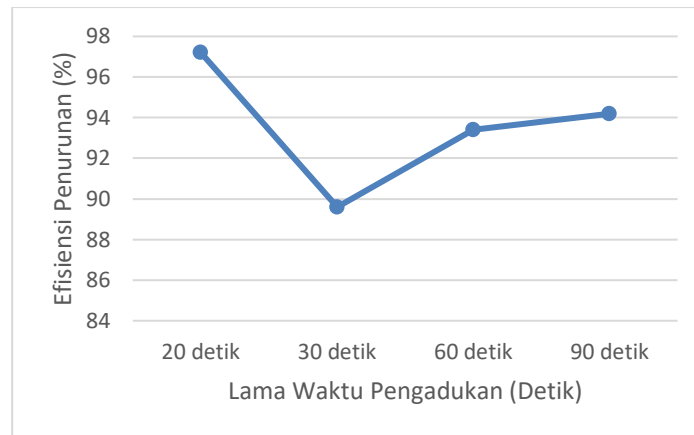


Gambar 1. Grafik hubungan antara massa koagulan dengan efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent*.

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa hubungan antara massa koagulan dengan efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* adalah berbanding terbalik dengan kecenderungan penurunan pada grafik. Efisiensi Penyisihan yang cukup baik ialah rata-rata 98,5% pada jumlah massa koagulan *Carsul* 5 gram. Berdasarkan data yang telah di hasilkan rata-rata efisiensi penyisihan kadar *Chrome Hexavalent* yang di hasilkan berkisar antara 89,25% hingga 98,5% hal tersebut dapat dikatakan semua variasi pelakuan yang diberikan cukup efisien untuk menurunkan kadar *Chrome Hexavalent* Pada air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

Pengaruh Lama Waktu Pengadukan Terhadap Efisiensi Penyisihan *Chrome Hexavalent* Dalam Air Limbah Tambang Nikel

Variasi waktu yang di gunakan untuk perlakuan pada penelitian ini sebanyak empat variasi yaitu 20 detik, 30 detik, 60 detik, dan 90 detik. hal tersebut hampir sama dengan penentuan waktu yang dilakukan pada penelitian Wirani., dkk. (2011). Variasi waktu pengadukan (30, 60, 120 detik) dan kecepatan putaran (170, 240 rpm) dilakukan pada seri jar-test yang berbeda. Parameter yang diukur adalah sisa kekeruhan effluent hasil jar-test.



Gambar 2. Grafik hubungan antara lama waktu pengadukan dengan efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent*

Berdasarkan grafik lama waktu pengadukan dapat di perhatikan bahwa rata-rata efisiensi penyisihan kadar *Chrome Hexavalent* yang dihasilkan berkisar antara 91,8% hingga 97,2% hal tersebut dapat dikatakan semua variasi pelakuan yang diberikan cukup efisien untuk menurunkan kadar *Chrome Hexavalent* Pada air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Kadar *Chrome Hexavalent* yang terkandung didalam air limbah hasil produksi industri tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk ialah 0,2 ppm, tidak memenuhi baku mutu berdasarkan PERMENLH-RI di Nomor 5 Tahun 2014 sebesar 0,1ppm.
2. Massa koagulan memberikan pengaruh positif dalam proses penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk. massa koagulan yang paling efektif adalah 5gram dengan rata-rata efisiensi penyisihan sebesar 98,5%.
3. Lama waktu pengadukan juga memberikan pengaruh positif dalam proses penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk. lama waktu pengadukan optimum adalah 20 detik dengan rata-rata efisiensi penyisihan sebesar 97,2%.

Saran

1. Sebaiknya perusahaan khususnya yang memiliki zat sisa berupa *Carsul* dapat di manfaatkan kembali agar tidak menjadi zat pencemar pada lingkungan.
2. Agar kiranya perusahaan-perusahaan dapat mengembangkan lebih lagi untuk *Carsul* ini bisa menjadi suatu nilai yang lebih berharga atau memiliki nilai ekonomis.
3. Adanya penelitian lanjutan yang dapat menjadikan *Carsul* sebagai bahan dasar untuk menghasilkan inovasi baru tanpa merusak lingkungan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Astutia, R. F. (2020). Analysis of Chromium (VI) Concentration in the Area Around the Wastewater Treatment Plant at the Batik Factory. *J. Xi'an Univ. Archit. Technol*, 12, 1703-1709.
- Blessing, T., Hendriyanto, O., Hidayah, E. N., & Artyani, A. (2020). Application of Thomas Model to Determine the Capacity of Bintaro Fruit Shell Adsorbent. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 107-111.
- Fasya, A. H. Z. (2018). The incidence of dermatitis analysis based on individual characteristics of metal plating workers in Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 149-158.
- Fitriyanto, N. A., Sari, A. K., Prasetyo, R. A., & Kurniawati, N. (2021, May). Usage of Fenton Reagent in Local Tannery Wastewater Bioremediation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 757, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

- Lestari, S., Dewi, R. S., & Wibowo, E. S. (2019). Biosorption chrome (Cr) and dyes using biosorbent in the modified tea bag. *Journal of Microbial Systematics and Biotechnology*, 1(1), 38-43.
- Nurani Asiah Zamil, N. (2021). *EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR KROM (Cr) DALAM LIMBAH ANALISIS Chemical Oxygen Demand (COD) DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AMPAS THE* (Doctoral dissertation, Universitas Sahid Jakarta).
- Palippui, H. (2020). *ANALISA PENANGGULANGAN SAMPAH PLASTIK DIPESISIR WILAYAH PANTAI UJUNG SUSO DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA BUANGAN LIMBAH KAWAH GALIAN TAMBANG NIKEL SOROAKO. SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 83-87.
- Vale. 2017. *Waste Management And Processing*
<http://www.vale.com/indonesia/en/sustainability/nickel-for-life/pages/effluent.aspx> (21 Mei 2021).
- Said, N. I. (2018). Metoda penghilangan logam berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di dalam air limbah industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2).
- Winarni, dkk. 2011. Pengaruh Pengadukan Pada Koagulasi Menggunakan Alum. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Trisakti.

Analisa Deformasi Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Derbo dan Wetfix

Winarno Arifin^{1,6}, Asma Massara², Andi Alifuddin³, Muh.Fahul Ramadhan⁴, Muhammad Tauq⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
⁶ Universitas Brawijaya

Email: ¹winarno.arifin@umi.ac.id, ²asma.massara@umi.ac.id, ³andi.alifuddin@umi.ac.id, ⁴fahulrajawana24@gmail.com, ⁵muhtaufiq00@gmail.com

Kata Kunci

Deformasi, Derbo dan Wetfix

Abstrak

Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur. Jalan Raya saat ini mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru diperbaiki. (Fadhilah, 2012). Banyak hal yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan, antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (over loading), temperatur, air (genangan), dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Faktor lain seperti perencanaan, pengawasan, pelaksanaan dan lingkungan juga memberikan kontribusi pada kerusakan jalan. Deformasi pada perkerasan jalan lentur, yang biasa disebut (rutting dan geser), Alur biasanya terdiri dari lendutan memanjang yang terjadi pada jalur roda kendaraan, merupakan akumulasi dalam jumlah kecil terjadi deformasi disebabkan oleh adanya peningkatan beban. Kerusakan bisa berkembang lebih parah karena permukaan jalan tidak kedap air lagi sehingga air bisa melemahkan ikatan antara batuan dan aspal. Bahan tambah Derbo dan Wetfix dapat memperlambat laju deformasi pada campuran aspal beton.

Keywords

Deformation, Derbo and Wetfix

Abstract

Basically, the road will experience a decrease in its structural function in accordance with increasing age. Roads are currently experiencing damage in a relatively very short time (early roll out) both newly built roads and newly repaired roads. (Fadhilah, 2012). Many things cause damage to road construction, among others due to the influence of excessive vehicle traffic loads (over loading), temperature, water (inundation), and pavement construction that does not meet technical requirements. Other factors such as planning, supervision, implementation, and the environment also contribute to road damage. Information on flexible pavement, commonly referred to as (rutting and sliding), Grooves usually consist of longitudinal deflections that occur in the lanes of vehicle wheels, constituting small amounts of accumulation deformation occurs due to an increase in load. Damage can develop more severely because the road surface is not waterproof anymore so water can weaken the bond between rocks and asphalt. Derbo and Wetfix added materials can slow down the rate of deformation in the concrete asphalt mix.

1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur. Jalan Raya saat ini mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru diperbaiki (Sudarno dkk, 2018). Banyak hal yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan, antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (over loading), temperatur, air (genangan), dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Faktor lain seperti perencanaan, pengawasan, pelaksanaan dan lingkungan juga memberikan kontribusi pada kerusakan jalan. (George Stefen Muaya dkk, 2015).

Deformasi permanen pada perkerasan jalan lentur, yang biasa disebut (*rutting* dan geser), Alur biasanya terdiri dari lendutan memanjang yang terjadi pada jalur roda kendaraan, merupakan akumulasi dalam jumlah kecil terjadi deformasi disebabkan oleh adanya peningkatan beban (Badron dkk, 2019). Kerusakan bisa berkembang lebih parah karena permukaan jalan tidak kedap air lagi sehingga air bisa melemahkan ikatan antara batuan dan aspal (Syaifullah, 2016) (Chalid, 2016). Melemahnya ikatan batuan dan aspal akan menyebabkan lepasnya butiran-butiran batuan sehingga akan terjadi lubang pada perkerasan jalan (Hafidz, 2020). Jika di atas permukaan jalan yang mengalami *rutting* diberi lapis tambahan perkerasan baru, maka akan terjadi retak refleksi pada lapis tambahan tersebut (Rizal & Susilowati, 2019) (Susilowati & Wiyono, 2017). *Rutting* refleksi ini terjadi akibat kelemahan yang terdapat pada lapis perkerasan lama akan berkembang ke atas masuk ke dalam lapis perkerasan baru (Huwae, 2015). *Rutting* pada lapisan tambahan akan terjadi saat gaya-gaya geser dan tekuk akibat beban lalu lintas berat melampaui kekuatan lapis aspal tambahan. (Walt dkk, 2004).

Sorong biasanya ditempatkan pada bagian pengambilan dan bangunan bagi sadap balk itu sekunder maupun tersier. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan Perkembangan berbagai sector mengakibatkan peningkatan pergerakan lalu lintas, baik pergerakan barang maupun manusia. Untuk menunjang kelancaran dalam pergerakan lalu lintas dibutuhkan sarana dan prasarana pendukung. Salah satu prasarana transportasi yang memiliki peranan penting yaitu jalan (Fisu, 2019). Untuk mengoptimalkan maka diperlukan inovasi baru seperti aspal yang dimodifikasi. Salah satunya adalah menambahkan campuran dengan menggunakan bahan tambah zat aditif sebagai *anti stripping* dalam pencampuran aspal. Zat aditif terdiri dari dua jenis yaitu *anti stripping agent Derbo* dan *Wetfix*. Zat aditif *Derbo* adalah jenis *anti stripping agent* berupa cairan yang berasal dari India. Zat aditif *Wetfix* adalah jenis *anti stripping agent* berupa cairan, bahan tambah ini di peroleh dari PT. ADHI KARYA.

Berdasarkan manual pemeliharaan jalan No : 03/MN/B/1983 yang di keluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan menjadi : retak (*cracking*), distorsi (*distortion*), cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*polished aggregate*), kegemukan (*bledding orflushing*) dan penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*). Kerusakan jalan berupa cacat permukaan (*disintegration*) terdiri dari beberapa jenis, salah satunya yaitu berupa pengelupasan lapisan (Roder dkk, 1993). Durabilitas beton sangat penting untuk penentuan ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan (Sulaiman & Fisu, 2020) (Sulaiman dkk, 2018).

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik campuran beton aspal terhadap penambahan zat aditif *anti stripping agent (Derbo)* dan *anti stripping agent (Wetfix)*, serta untuk mengetahui tingkat Deformasi campuran beton aspal dengan menggunakan *anti stripping agent (Derbo)* dan *anti stripping agent (Wetfix)*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia dengan menggunakan saluran terbuka.



Gambar 1. P lokasi penelitian
Sumber: Google maps peta kota makassar

2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan Aspal yang digunakan yaitu aspal minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina yang diperoleh dari PU Bina Marga Baddoka. Agregat yang di gunakan yaitu agregat kasar dan halus yang diambil di Bili-bili, disatukan kemudian dilakukan pengambilan sampel di laboratorium dengan metode perempatan yang mewakili sampel lainnya, *Anti stripping agent (Derbo)* di ambil dari PU Bina Marga Baddoka dan anti *stripping wetfix* di ambli dari PT. Adhi Karya.

Alat – alat yang digunakan yaitu:

Menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia.

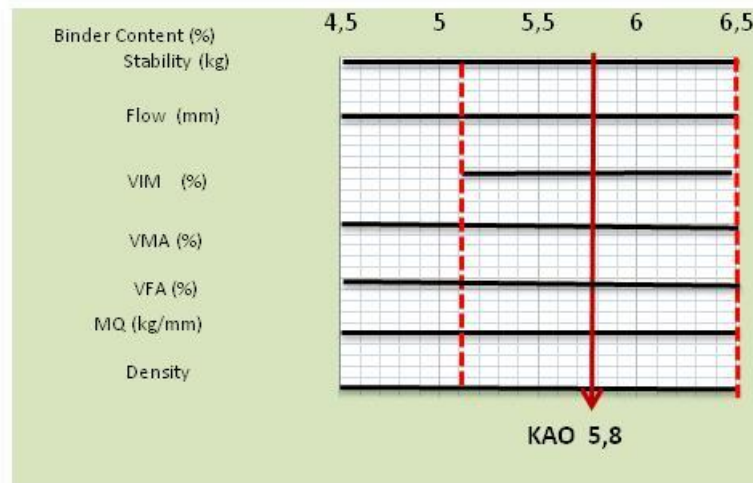
Percobaan ini dilakukan pada saluran, adapun proses pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Benda Uji
2. Pengujian Bahan Benda Uji
3. Penentuan Campuran
4. Pembuatan Benda Uji
5. Pengujian benda uji menggunakan *Marshall test* dan *Wheel Tracking*

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil Analisa didapatkan kadar bahan tambah optimum Derbo 0,3% memperoleh hasil Density 2,423, VIM 3,657%, VMA 15,257%, VFA 76,128%, Stabilitas 1139,77kg, Flow 2,73mm, Marshall 421,877kg/mm. Sedangkan kadar bahan tambah optimum Wetfix 0,3% memperoleh hasil Density 2,423, VIM 4,410, VMA 15,919%, VFA 72,536, Stabilitas 1065,92kg, Flow 2,93mm, Marshall 363,986kg/mm.

Tabel 1 Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran AC-WC pen 60/70 untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)						
Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
Kadar Aspal (%)	4,5	5	5,5	6	6,5	
Density	2.469	2.451	2.434	2.417	2.400	$\geq 2.2 \text{ kg/mm}^3$
VIM; %	6.525	5.331	4.233	3.436	2.709	$\geq 3-6\%$
VMA; %	15.049	15.027	15.102	15.449	15.860	$\geq 15\%$
VFA; %	57.570	64.841	72.249	78.492	84.598	$\geq 63\%$
Stabilitas; kg	911.46	999.73	1061.08	1016.06	878.08	800-1800 kg
Flow; mm	3.37	2.87	2.39	2.69	3.35	Min 2-4 mm



Gambar 2. Grafik Penentuan Nilai KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Dari hasil analisa grafik 4.8 Barchat hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran digunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik Marshal Test, sehingga diperoleh KAO sebesar 5,8%

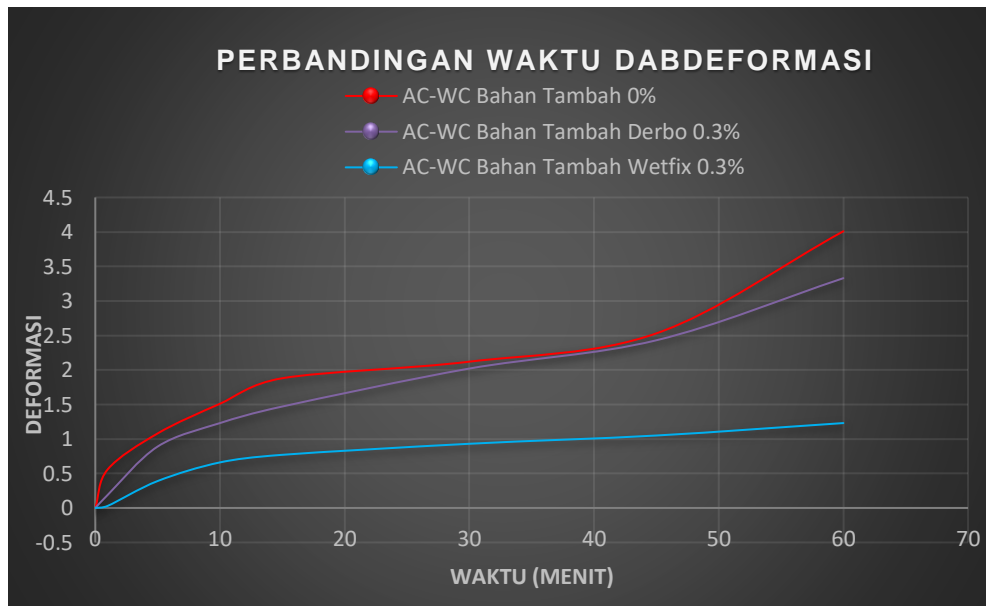
$$KAO = \frac{5,1\% + 6,5\%}{2} = 5,8\% \quad (1)$$

Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran AC-WC pen 60/70 Terhadap Penggunaan Bahan Tambah Berdasarkan KAO.

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian										Spesifikasi
Bahan Tambah (%)	0		0,1		0,3		0,5		0,6		
	D	W	D	W	D	W	D	W	D	W	
Density	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	2,423	$\geq 2,2$ kg/mm ³
VIM; %	5,212	5,212	4,409	4,870	3,657	4,410	3,875	4,021	4,125	3,788	$\geq 4-6\%$
VMA; %	16,625	16,62	15,919	16,324	15,257	15,920	15,449	15,577	15,669	15,372	$\geq 15\%$
VFA; %	71,396	71,396	72,401	70,203	76,128	72,357	75,071	74,198	73,904	75,359	$\geq 63\%$
Stabilitas; kg	1102,198	1102,198	1176,769	1144,199	1262,303	1225,220	1164,233	1163,991	939,351	1123,319	800-1800 kg
Flow; mm	3,333	3,333	2,933	3,233	2,733	2,933	3,100	3,300	3,623	3,433	Min 2-4 mm
Hasil bagi marshall; kg/mm	331,583	331,583	442,097	352,357	467,176	418,397	375,060	353,622	260,937	327,147	Min 250

Sumber dari hasil analisis dan pembahasan (2018)

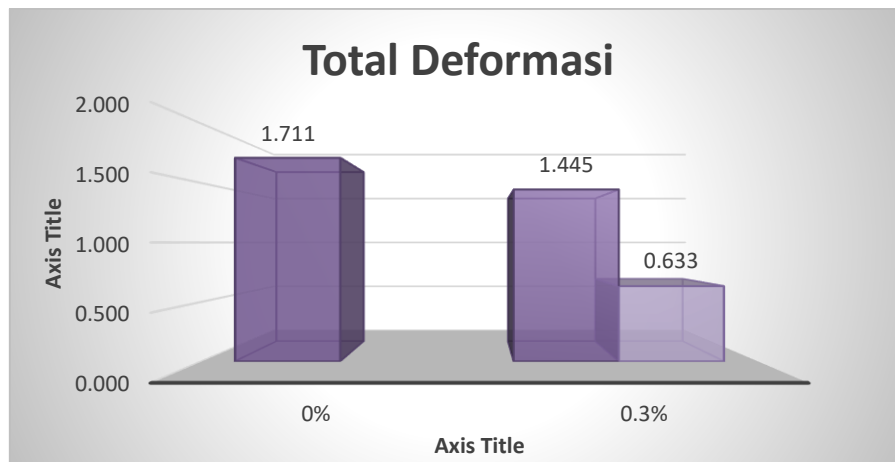
Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh nilai kadar Zat aditif derbo dan wetfix terhadap karakteristik campuran seperti pada tabel 4.14. Dari hasil pengujian tersebut kita dapat mengetahui pengaruh penambahan Zat aditif derbo dan wetfix terhadap pengujian marshall test. Semua nilai hasil pengujian dimasukkan ke dalam grafik untuk mengetahui perlakuan yang terjadi sesuai dengan hubungan antara kadar Zat aditif derbo dan wetfix terhadap karakteristik campuran tersebut.



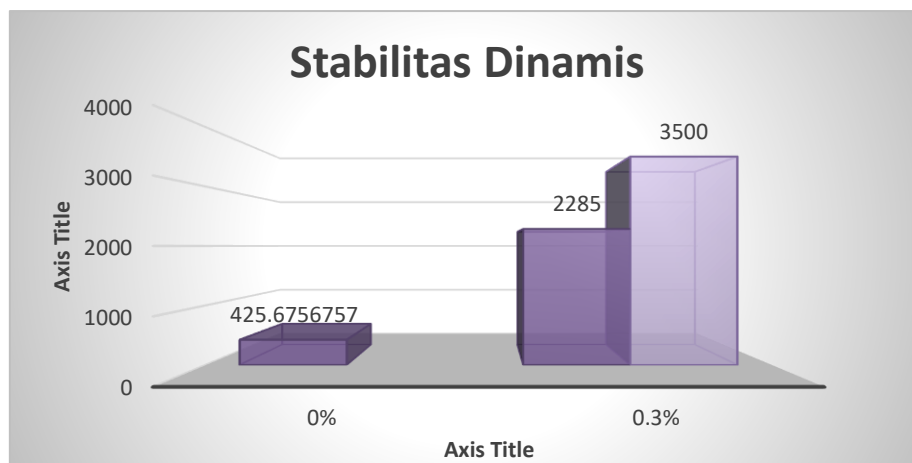
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Hubungan Perbandingan Waktu dan Deformasi

Berdasarkan grafik 4.16 dapat dilihat zat Aditif wetfix mengalami penurunan Deformasi dibandingkan zat Aditif Derbo. Hal ini terjadi akibat perubahan dari sifat mekanik aspal yang telah di modifikasi dengan bahan tambah

Semakin lamanya waktu pembebanan dan jumlah lintasan yang dilakukan terhadap campuran menunjukkan peningkatan deformasi yang terjadi terlihat dari waktu pembebanan, jumlah lintasan dan nilai deformasi.

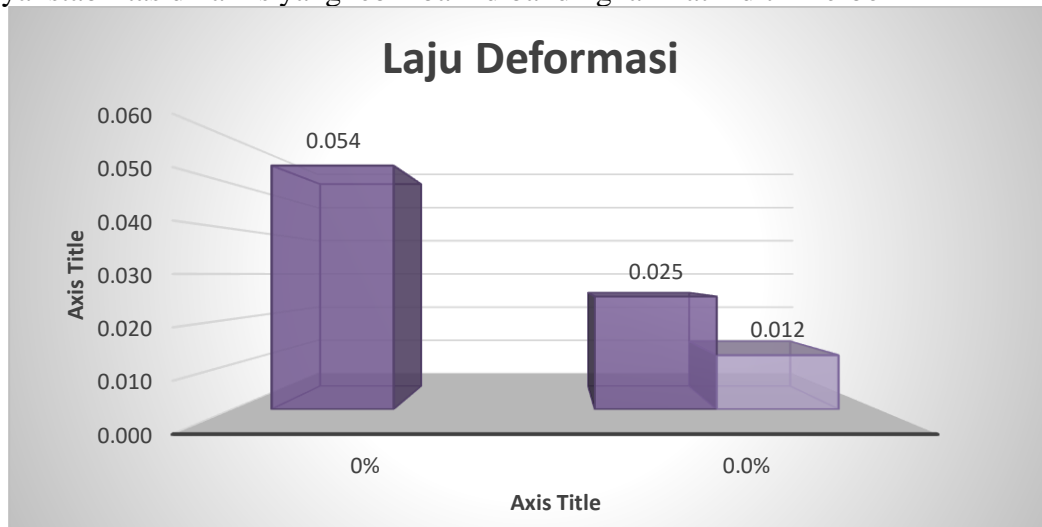


Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Total Deformasi



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas Dinamis

Dari grafik 4. dapat dijelaskan pada campuran dengan menggunakan bahan tambah mengalami peningkatan stabilitas dinamis, dari grafik terlihat jelas penambahan zat aditif Wetfix mempunyai stabilitas dinamis yang paling besar yaitu 3500 liintasan/mm dengan demikian zat aditif Wetfix mempunyai stabilitas dinamis yang lebih baik dibandingkan Zat Aditif Derbo



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Laju Deformasi

Dari grafik 5 dapat dijelaskan bahwa pada penambahn zat aditif Wetfix menunjukan kecepatan deformasi dalam satuan mm/menit mempunyai nilai yang paling kecil yaitu 0.012mm/menit, hal ini disebabkan zat aditif wetfix mempunyai Stabilitas dinamis yang besar sehingga memperkecil kecepatan deformasi yang terjadi.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Analisa Deformasi Pada Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Derbo dan Wetfix dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil Analisa didapatkan kadar bahan tambah optimum Derbo 0,3% memperoleh hasil Density 2,423, VIM 3,657%, VMA 15,257%, VFA 76,128%, Stabilitas 1139,77kg, Flow 2,73mm, Marshall 421,877kg/mm. Sedangkan kadar bahan tambah optimum Wetfix 0,3% memperoleh hasil Density 2,423, VIM 4,410, VMA 15,919%, VFA 72,536, Stabilitas 1065,92kg, Flow 2,93mm, Marshall 363,986kg/mm.
2. Dari hasil Analisa didapatkan total deformasi derbo sebesar 1,445mm/menit, sedangkan wetfix sebesar 0,633mm/menit

Saran

Berdasarkan hasil penelitian di usulkan beberapa saran sebagaiberikut

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk meneliti dengan menggunakan jenis aspal yang bervariasi, untuk mengetahui apakah penggunaan Derbo dan Wetfix baik digunakan pada jenis aspal yang berbeda atau tidak
2. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meneliti lebih mendalam pengaruh penggunaan Derbo dan Wetfix sebagai bahan tambah pada lapisan AC-WC, maupun jenis lapisan perkerasan lain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2), 145-155.
- Chalid, N. I. (2016). Karakteristik Campuran Aspal Hrs-Base Menggunakan Agregat Kasar Batu Kapur Asal Tinoring. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1), 81-94.

- Fisu, A. A. (2019). Tinjauan Kecelakaan lalu Lintas Antar Wilayah Pada Jalan Trans Provinsi Sulawesi Selatan. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik*, 4(1), 53-65.
- Hafidz, M. D. (2020). *EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BAHAN ANTI-STRIPPING WETFIX BE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS (THE EFFECTIVENESS OF USING WETFIX BE ANTI STRIPPING MATERIALS ON CHARACTERISTICS OF POROUS ASPHALT MIXTURE)* (Doctoral dissertation, universitas islam indonesia).
- Huwaie, M., Kaseke, O. H., & Sendow, T. K. (2015). Kajian Kinerja Campuran Lapis Pondasi Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-Lapis Pondasi (HRS-Base) Bergradasi Senjang Dengan Jenis Lapis Aspal Beton-Lapis Pondasi (AC-Base) Bergradasi Halus. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3).
- Muaya, G. S., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. (2015). Pengaruh Terendahnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Sipil Statik*, 3(8).
- Rizal, R. S., Susilowati, A., & Susanto, H. (2019). KAJIAN PENGGUNAAN WETFIX BE PADA BETON ASPAL CAMPURAN PANAS BERGRADASI SUPERPAVE. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 5(2), 66-74.
- Röder, H., Hahn, E., Brune, H., Bucher, J. P., & Kern, K. (1993). Building one-and two-dimensional nanostructures by diffusion-controlled aggregation at surfaces. *Nature*, 366(6451), 141-143.
- Sudarno, S., Fadhillah, L., Afif, A., Nurobingatun, S., Hariyadi, H., & Mufid, A. (2018). ANALISIS TEBAL PERKERASAN JALAN RAYA MAGELANG-PURWOREJO KM 8 SAMPAI KM 9 MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 1987. *Reviews in Civil Engineering*, 2(1).
- Sulaiman, L., & Fisu, A. A. (2020). Pengaruh Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton Agregat Recycle. *Rekayasa Sipil*, 14(1), 35-42.
- Sulaiman, L., Sedek, M., Maing, S., & Fisu, A. A. (2018, December). Studi Kuat Tekan Beton Recycle Agregat Dengan Campuran Air Laut. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (Snp2m)*.
- Susilowati, A., & Wiyono, E. (2017). Penggunaan Bahan Anti Stripping untuk Campuran Beton Aspal. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(1).
- Syaifullah, S. (2016). Variasi Komposisi Gradasi Batuan terhadap Karakteristik Beton Aspal dengan Uji Marshall. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(2), 163-174.
- Van Der Walt, J. D., Scheepbouwer, E., & Tighe, S. L. (2018). Differential rutting in Canterbury New Zealand, and its relation to road camber. *International Journal of Pavement Engineering*, 19(9), 798-804.

Persepsi Perubahan Aspek Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan Terhadap Keberadaan Jalan Tol Layang AP Pettarani

Lambang Basri Said¹, Ilham Syafei², Watono³, Fadel Muhammad Anis⁴, Muh. Yusuf Al Makassar⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan

Email: ¹lambangbasri.said@umi.ac.id, ²ilham.syafei@umi.ac.id, ³Watono.watono@umi.ac.id, ⁴fadelanis39@gmail.com, ⁵muhyusuf7398@gmail.com

Abstrak

Kata Kunci

*Jalan Tol Layang;
Perubahan;
Sosial; Ekonomi;
Lingkungan.*

Keberadaan Jalan Tol Layang AP Pettarani sebagai bagian dari Jalan Tol Ujung Pandang, sangat diharapkan menjadi salah satu solusi transportasi darat sebagai angkutan logistik penunjang pertumbuhan ekonomi secara nasional, khususnya dalam rangka mengatasi kemacetan serta mendukung mobilitas barang dan jasa di Kota Makassar. Perubahan sosial, ekonomi, dan lingkungan tersebut merupakan pengaruh yang ditimbulkan atau kemungkinan besar akan terjadi, yang menyangkut keadaan sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar persepsi perubahan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat pengguna jalan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data subyek. Data kuesioner yang digunakan adalah dari hasil jawaban responden atas pertanyaan yang diajukan penulis kepada responden dalam bentuk tulisan. Adapun untuk mengetahui hubungan variabel-variabel yang mempunyai hubungan, maka dilakukan pengujian hipotesis dengan perhitungan statistik. Untuk penganalisisan data digunakan SPSS versi 21.00 dalam model dan pengkajian hipotesis. Berdasarkan dari hasil kuesioner maka didapatkan variabel-variabel mana saja yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

Abstract

Keywords

*Flyway; Changes;
Social; Economy;
Environment.*

The existence of the AP Pettarani Flyover Toll Road as part of the Ujung Pandang Toll Road, is expected to be one of the land transportation solutions as a logistical transportation to support national economic growth, especially in the context of overcoming congestion and supporting the mobility of goods and services in Makassar City. These social, economic, and environmental changes are the effects that are caused or will most likely occur, which involve the social, economic, and environmental conditions of road user communities. This study aims to analyze how much the perception of changes in social, economic, and environmental aspects of the road user community to the existence of the AP Pettarani flyover. The type of data used in this study is subject data. Questionnaire data used are the results of respondents' answers to questions raised by the author to respondents in written form. As for knowing the relationship of the variables that have a relationship, then testing the hypothesis with statistical calculations. For analyzing data SPSS version 21.00 is used in the model and hypothesis assessment. Based on the results of the questionnaire, it is obtained which variables have a significant influence on the existence of the AP Pettarani flyover.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan Jalan Tol Layang AP Pettarani sebagai bagian dari Jalan Tol Ujung Pandang, sangat diharapkan menjadi salah satu solusi transportasi darat sebagai angkutan logistik penunjang pertumbuhan ekonomi secara nasional, khususnya dalam rangka mengatasi kemacetan serta mendukung mobilitas barang dan jasa di Kota Makassar. Tujuan pembangunan Jalan Tol Layang AP Pettarani adalah untuk memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi, dan meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan. Jaringan jalan merupakan salah satu faktor pendukung keberhasilan suatu pembangunan karena jalan berperan untuk pemindahan barang dan manusia sehingga diperlukan jaringan jalan yang memadai. Jalan tol merupakan jalan alternatif untuk mempercepat sarana transportasi, perkembangan industri pariwisata, menunjang pertumbuhan dan percepatan proses ekonomi yang kerap terhambat karena kendala transportasi, mengurangi kemacetan

akibat pasar tumpah, pasar tradisional, penyempitan jalan, jembatan rusak, jalan yang berlubang dan lain-lain adalah hal yang menghambat proses ekonomi secara merata dan cepat.

Sebelum diselenggarakannya pembangunan Jalan Tol Layang AP Pettarani, dalam beberapa tahun terakhir masyarakat kota Makassar yang melintas di Jalan AP Pettarani banyak mengeluhkan kondisi jalan tersebut dikarenakan pada jam puncak mengalami kemacetan dan sangat mengganggu arus lalu lintas pada saat mereka melintas dan menyebabkan terbuangnya waktu yang lama dalam berkendara dan terganggunya distribusi barang dan jasa (Sari & Kisman, 2021) (Watono dkk, 2020). Seiring dengan bertambah pesatnya pertumbuhan jumlah kendaraan pada kota Makassar tiap tahun, mengakibatkan meningkatnya volume lalu lintas pada jalan AP Pettarani. Maka dari itu solusi untuk mengurai kemacetan pada jalan tersebut dilakukan pembangunan jalan tol layang (Pangaribuan 2005) (Pangaribuan 2014). Dengan adanya jalan tol layang AP Pettarani sepanjang 4,3 km tersebut akan merubah aspek sosial, ekonomi dan lingkungan pada masyarakat pengguna jalan yang sering mengakses jalan AP Pettarani tersebut. Perubahan sosial, ekonomi, dan lingkungan tersebut merupakan pengaruh yang ditimbulkan atau kemungkinan besar akan terjadi yang menyangkut keadaan sosial ekonomi dan lingkungan masyarakat pengguna jalan (Pratiwi, & Hardini 2016) (Humang & Amrin, 2018).

Perubahan yang timbul akibat keberadaan jalan tol layang dari aspek sosial peneliti tinjau yaitu seberapa besar perubahan aktifitas sehari – hari, kemudahan pergerakan berkendara, waktu tempuh dari tempat asal ke tempat tujuan masyarakat pengguna jalan dan adapun juga yang kami teliti yaitu faktor psikis masyarakat pengguna jalan yang akan berpengaruh yaitu dari tingkat stress, tingkat kelelahan dan tingkat kesehatan di jalan.

Kemudian perubahan yang timbul dari keberadaan jalan tol layang dari aspek ekonomi yaitu fungsi jalan tol layang AP. Pettarani sebagai salah satu solusi mengatasi kemacetan yang ada di jalan AP. Pettarani akan mempengaruhi pengguna Bahan Bakar Minyak (BBM) dan biaya perawatan kendaraan seperti (spare part, biaya ganti oli dan lain – lain) yang disebabkan oleh penggunaan BBM yang lebih efisien dan performa mesin kendaraan yang bekerja secara optimal. Fungsi jalan tol layang AP. Pettarani juga akan mempengaruhi waktu tempuh masyarakat pengguna jalan yang disebabkan oleh biaya tidak terduga dari waktu yang terbuang di jalan dan mempengaruhi ekonomi masyarakat yang bisa saja di sebabkan karena kemudahan distribusi barang dan lain – lain (Arrang 2016). Dan apabila jalan tol layang AP Pettarani menjadi salah satu cara masyarakat pengguna jalan untuk menghindari kemacetan maka ada biaya tambahan sehari – hari masyarakat karena biaya tol untuk melintasi jalan tol layang tersebut.

Sedangkan perubahan yang timbul dari keberadaan jalan tol layang dari aspek lingkungan yaitu adanya jalan tol layang AP. Pettarani sebagai solusi mengatasi kemacetan yang ada di jalan AP. Pettarani akan mempengaruhi tingkat kenyamanan berlalu – lintas masyarakat pengguna jalan, dan mempengaruhi polusi udara dari kendaraan yang disebabkan oleh laju kendaraan yang meningkat dan tidak mengalami keadaan berhenti di jalan yang akan mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh mesin kendaraan yang berjalan secara optimal, adapun fungsi jalan tol layang akan mempengaruhi polusi udara dari debu yang dibawa oleh kendaraan berat pembawa material seperti truk pasir, truk pengangkut semen dan lain – lain yang sering melewati Jalan AP. Pettarani yang disebabkan oleh bertambahnya jalur untuk truk yang wajib melalui jalan tol layang untuk menghindari pengaruh polusi udara dari muatan yang di bawa maupun meningkatkan laju kendaraan truk menuju ke tempat tujuan, adanya Jalan Tol Layang AP Pettarani juga akan mempengaruhi masalah terhadap lingkungan lalu lintas yang ada yaitu kebisingan dan getaran. kebisingan biasanya berasal dari hasil suara kendaraan terutama dari suara knalpot, suara mesin kendaraan maupun interaksi roda dan kendaraan yang di sebabkan oleh kendaraan berat (truk dan bus) dan mobil penumpang (Fisu, 2019). Getaran sendiri juga di sebabkan oleh padatnya kendaraan berat (truk dan bus) dan mobil penumpang melewati jalan tersebut. Dan bertambahnya jalur yang di lalui oleh kendaraan berat (truk dan bus) dan mobil penumpang yang disebabkan oleh keberadaan jalan tol layang AP. Pettarani akan mempengaruhi masyarakat pengguna jalan yang akan melewati jalan AP. Pettarani (Said dkk 2017) (Said & Ilham 2019) . Dan diketahui juga imbas dari keberadaan jalan tol layang AP Pettarani membuat 1.012 pohon ditebang dan akan mempengaruhi tingkat kenyamanan berkendara masyarakat pengguna jalan karena fungsi pohon untuk menyerap polusi kendaraan maupun debu juga bisa menghalangi pancaran sinar matahari langsung terhadap masyarakat pengguna jalan yang melintasi jalan AP Pettarani.

Sehubungan dengan permasalahan diatas, maka diperlukan analisa untuk mengetahui perubahan sosial, ekonomi dan lingkungan sehingga dapat dicari solusi dari permasalahan tersebut.

Penelitian ini dimaksud untuk melakukan studi persepsi perubahan aspek sosial, ekonomi dan lingkungan masyarakat pengguna jalan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani, adapun tujuan dari penelitian ini adalah (1) Menganalisis seberapa besar persepsi perubahan aspek sosial masyarakat pengguna jalan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani, (2) Menganalisis seberapa besar persepsi perubahan aspek

ekonomi masyarakat pengguna jalan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani dan (3) Menganalisis seberapa besar persepsi perubahan aspek lingkungan masyarakat pengguna jalan terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian adalah di Kota Makassar tepatnya di Jalan AP Pettarani dimana berbagai tipe masyarakat mulai dari pelajar, mahasiswa, pegawai negeri sipil, karyawan swasta, pedagang, penduduk sekitar dan sebagainya, melintasi jalan tersebut. Selain itu, lokasi Jalan AP Pettarani banyak pula perkantoran dan pusat perdagangan yang berada disisi jalan tersebut.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terbagi atas 2 variabel yaitu :

1. Variabel bebas yaitu variabel yang menjadi penyebab atau memengaruhi, meliputi faktor-faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti dan variabel bebas dalam penelitian tersebut adalah pada aspek sosial (X1) yaitu keberadaan jalan tol layang AP Pettarani yang mempengaruhi perubahan aktifitas sehari – hari, kemudahan pergerakan berkendara, waktu tempuh dari tempat asal ke tempat tujuan masyarakat pengguna jalan dan adapun juga yang kami teliti yaitu faktor psikis masyarakat dan pengguna jalan yang akan berpengaruh yaitu dari tingkat stress, tingkat kelelahan dan tingkat kesehatan di jalan (Silondae dkk, 2016), pada aspek ekonomi (X2) yaitu di lihat dari seberapa besar pengaruh keberadaan jalan tol layang AP Pettarani terhadap ekonomi masyarakat, biaya bahan bakar minyak (BBM), biaya perawatan kendaraan (biaya spare part, ganti oli dan lain-lain) (Meidianisa 2016), biaya yang di sebabkan waktu tempuh di jalan dan biaya tambahan (biaya tol) terhadap kehidupan sehari – hari masyarakat pengguna jalan sedangkan aspek lingkungan (X3) yaitu di lihat dari seberapa besar pengaruh tingkat kenyamanan berlalu – lintas (Hidayat dkk, 2017), tingkat polusi udara (dari asap kendaraan dan debu), tingkat kebisingan, getaran dan tingkat kenyamanan berkendara yang di sebabkan pemotongan pohon masyarakat pengguna jalan (Ismadaryani 2012) (Boediningsih 2017).
2. Variabel Terikat yaitu faktor – faktor yang di amati dan di ukur dalam rangka menentukan pengaruh variabel bebas, di dalamnya itu termaksud faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang di perkenankan oleh peneliti dan variabel terikat dalam penelitian tersebut adalah Keberadaan Jalan Tol Layang AP Pettarani (Y).

2.3 Ukuran Sampel

Menurut Sugiyono (2010) sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi. Bila populasi besar, dan peneliti tidak mungkin mempelajari semua yang ada pada populasi, misalnya karena keterbatasan dana, tenaga dan waktu, maka peneliti dapat menggunakan sampel yang diambil dari populasi itu Roscoe (1982) memberikan saran-saran tentang ukuran sampel untuk penelitian seperti berikut ini.

- a. Pada setiap penelitian, ukuran sampel yang layak berkisar antara 30 sampai dengan 500.
- b. Bila sampel dibagi dalam kategori (misalnya : pria-wanita, pegawai negeri-swasta dan lain-lain) maka jumlah anggota sampel setiap kategori minimal 30.

adapun juga metode yang di gunakan dalam penentuan seberapa besar sampel atau responden yang di gunakan yaitu Rumus Slovin adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

Keterangan :

n = Ukuran sampel / jumlah responden

N = Ukuran Populasi

E = Presentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa di tolerir, e = 0,1

Dalam rumus slovin ada ketentuan sebagai berikut :

1. Nilai e = 0,1 (10%) untuk populasi dalam jumlah besar
2. Nilai e = 0,2 (20%) untuk populasi dalam jumlah kecil

Jumlah populasi dalam peneitian ini terbagi atas 2 yaitu pengguna motor dan pengguna mobil (roda 4) di dapatkan dari hasil survei LHR (lalu lintas harian rata-rata) di ruas jalan AP Pettarani, dan di dapatkan LHR (lalu lintas harian rata-rata) dari data skripsi yang berjudul “(penilaian indikator tentang transportasi berkelanjutan kawasan perkotaan studi kasus ruas jalan AP Pettarani. Aswar arifin dan Agung setiawan, 2018)” di dapatkan jumlah pengguna motor yang melewati Jalan AP. Pettarani selama 12 jam dari arah utara dan

selatan yaitu : 247146 dan pengguna mobil dari arah utara dan selatan yaitu : 46136 maka di total pengguna kendaraan yang melewati jalan AP Pettarani adalah $247146 + 46136 = 293282$ kendaraan maka untuk mengetahui sampel penelitian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{293282}{1 + 293282(0,1)^2}$$

$$n = \frac{293282}{2933,82}$$

$$n = 99,97 \text{ disesuaikan oleh peneliti menjadi minimal 100 responden}$$

Maka pada penelitian ini keseluruhan populasi sampel adalah minimal 100 responden yang merupakan pengendara mobil dan motor yang melewati jalan AP Pettarani.

2.4 Jenis dan Sumber Data

1. Data Primer yaitu data yang diperoleh secara langsung dari sumbernya, diamati, dan dicatat untuk pertama kalinya. Dalam penelitian ini yang dimaksud data primer adalah data yang berasal dari responden. Data ini diperoleh dari hasil kuesioner dalam isi kuesioner kita akan mendapatkan data seperti berikut : identitas responden, aspek umum responden seperti tingkat pendidikan pekerjaan di tekuni dan lain – lain, dan pada aspek sosial data yang di dapatkan yaitu perubahan aktifitas sehari – hari, kemudahan pergerakan berkendara, waktu tempuh dari tempat asal ke tempat tujuan, tingkat stress, tingkat kelelahan dan tingkat kesehatan di jalan, pada aspek ekonomi data yang di dapatkan yaitu pengaruh ekonomi masyarakat, biaya bahan bakar minyak (BBM), biaya perawatan kendaraan (biaya spare part, ganti oli dan lain-lain), biaya yang di sebabkan waktu tempuh di jalan dan biaya tambahan (biaya tol) terhadap kehidupan sehari – hari, pada aspek lingkungan data yang di dapatkan yaitu pengaruh tingkat kenyamanan berlalu – lintas, tingkat polusi udara (dari asap kendaraan dan debu), tingkat kebisingan, getaran dan tingkat kenyamanan berkendara yang di sebabkan pemotongan pohon masyarakat pengguna jalan.
2. Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dengan menggunakan metode dokumentasi yaitu pengambilan data dari buku, surat kabar, majalah yang relevan dengan penelitian. Data sekunder seperti berikut : Peta jaringan Jalan, Letak Geografis penelitian, jumlah pengguna motor dan mobil (roda 4) dari hasil survei LHR (lalu lintas harian rata-rata) di ruas jalan AP Pettarani.

2.5 Jenis Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif yang berfokus pada pembahasan atas rumusan masalah. Penelitian deskriptif dapat menggambarkan suatu gejala sosial atau dapat dikatakan mampu menggambarkan sesuatu yang tengah terjadi pada saat penelitian ini berlangsung. Pembahasan dalam penelitian ini merupakan hasil pengolahan data-data yang digunakan dan didasarkan pada variabel-variabel yang dapat dijelaskan secara terukur.

2.6 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan salah satu aspek yang berperan dalam kelancaran dan keberhasilan dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah kuesioner. Kuesioner adalah teknik pengumpulan data melalui formulir-formulir yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang diajukan secara tertulis pada seseorang atau sekumpulan orang untuk mendapatkan jawaban atau tanggapan dan informasi yang diperlukan oleh peneliti. Dalam pengumpulan data dengan cara membagikan kuesioner kita mengambil responden dari orang – orang yang selalu beraktivitas di sebelah kiri – kanan dari jalan AP Pettarani contoh titik – titik lokasi pengambilan data kita ambil di Kantor – kantor pemerintah, perkantoran Swasta dan lain – lain sebagai tempat pengambilan data dan tidak menutup kemungkinan dalam pengambilan responden bisa saja kita mengambil dari orang – orang yang tidak beraktivitas di sepanjang kiri dan kanan Jalan AP Pettarani tetapi selalu melewati Jalan AP Pettarani dalam beraktivitas dan dalam menentukan responden ini kita menggunakan sistem wawancara sebelum membagikan kuesioner dengan menanyakan asal dan menuju kemana, dan berapa sering mereka melewati jalan AP Pettarani dalam setiap beraktivitasnya.

2.7 Metode Analisis

1. Analisis Kualitatif Deskriptif

Metode ini menjabarkan hasil dari penggunaan metode-metode yang digunakan sehingga menjadi jelas maksudnya. Selain itu juga digunakan untuk menerangkan data-data yang membutuhkan

penjabaran dan penjelasan. Penekanan analisis ini pada ketajaman dan kepekaan berpikir dan menganalisa suatu masalah atau kecenderungan yang terjadi di lapangan.

2. Analisis Kuantitatif

Adapun untuk mengetahui hubungan variabel-variabel yang mempunyai hubungan, maka dilakukan pengujian hipotesis dengan perhitungan statistik. Untuk penganalisisan data digunakan SPSS versi 21.00 dalam model dan pengkajian hipotesis.

2.8 Waktu Penelitian

Dalam kasus disebutkan pengertian survey yaitu tindakan mengukur atau memperkirakan. Namun dalam penelitian survey lebih berarti sebagai suatu cara melakukan pengamatan di mana indikator mengenai variabel adalah jawaban – jawaban terhadap pertanyaan yang di berikan kepada responden baik secara lisan maupun tertulis. Survey biasanya dilakukan satu kali. Peneliti tidak berusaha untuk mengatur atau menguasai situasi. Jadi perubahan dalam variabel adalah hasil dari peristiwa yang terjadi dengan sendirinya.

Penelitian dilaksanakan selama 1 bulan dengan hari yang telah di tentukan berdasarkan kondisi lapangan. Pengambilan data di lakukan pada hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jum'at.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Kualitas Data

3.1.1 Hasil Uji Validitas

Menurut Sugiono (2008:363), validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan kevalidan atau kesahihan suatu instrument. Pengujian validitas mengacu pada sejauhmana instrumen dalam menjalankan fungsinya. Suatu instrumen dikatakan valid jika instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang akan diukur. Hasil uji validitas yang diperoleh dalam penelitian dengan menggunakan aplikasi SPSS ver. 21 adalah sebagai berikut. Berdasarkan tabel hasil uji validasi menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi r hitung $>$ dari nilai r tabel dan tingkat signifikansi $0,000 < 0,05$ untuk semua item pertanyaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa instrument yang digunakan memiliki kevalidan.

3.1.2 Hasil Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk mengukur konsistensi konstruk/variabel penelitian. Suatu variabel dikatakan *reliable* (handal) jika jawaban responden terhadap pertanyaan konsisten atau stabil dari waktu ke waktu. Tingkat reliabilitas suatu konstruk/variabel penelitian dapat dilihat dari hasil statistik Cronbach Alpha (α). Suatu variabel dikatakan *reliable* jika memberikan nilai *cronbach alpha* $> 0,60$ (Ghozali, 2005). Hasil uji reliabilitas yang diperoleh dalam penelitian dengan menggunakan aplikasi SPSS ver. 21 adalah sebagai berikut. Berdasarkan tabel hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai Cronbach's Alpha $0,770 > 0,60$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel yang digunakan reliabel.

3.2 Hasil Uji Asumsi Klasik

3.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan prasyarat pokok dalam analisis parametrik seperti korelasi, uji perbandingan rata-rata, analisis varian dan sebagainya, karena data yang akan diuji parametrik harus berdistribusi normal. Uji normalitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah populasi data berdistribusi normal atau tidak. Dan dalam SPSS metode yang sering digunakan adalah uji one sample Kolmogorov Smirnov, dengan syarat data dikatakan berdistribusi normal jika nilai signifikansi $> 0,05$ (Priyatno, 2011:77).

Adapun hasil uji normalitas pada penelitian ini yang diolah dengan SPSS ver. 21 adalah sebagai berikut. Berdasarkan tabel hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi (2-tailed) untuk semua variabel $> 0,05$. Variabel sosial (X1) nilai sig (2-2tailed) 0,062, variabel ekonomi (X2) nilai sig (2-2tailed) 0,056 dan variabel lingkungan (X3) nilai sig (2-2tailed) 0,186. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini berdistribusi normal dan layak untuk digunakan.

3.2.2 Uji Multikolinieritas

Adapun hasil uji multikolinieritas pada penelitian ini adalah sebagai berikut. Berdasarkan tabel hasil uji multikolinieritas menunjukkan bahwa tidak terjadi multikolinieritas dimana nilai VIF masing-masing variabel dibawah 10 dan nilai toleransi mendekati 1.

3.2.3 Uji Heterokedastisitas

Uji multikolinieritas digunakan untuk mengetahui apakah dalam model regresi terdapat korelasi antar variabel bebas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi antar variabel bebas tersebut. Untuk menguji hal ini dengan memperhatikan nilai korelasi yang dihasilkan serta nilai VIF (Variance Inflation Factor) dan Toleransinya. Apabila nilai VIF berada dibawah 10 dan nilai toleransi mendekati 1, maka diambil kesimpulan bahwa model regresi tersebut tidak terdapat multikolinieritas (Singgih Santoso, 2000). Berdasarkan hasil uji heterokedastisitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk semua variabel $> 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi gejala heterokedastisitas dari ketiga variabel tersebut.

3.3 Hasil Uji Hipotesis

3.3.1 Uji F (Uji Signifikan Simultan)

Berdasarkan hasil uji F pada penelitian ini adalah sebesar 5149,91 dengan angka signifikansi (P value) sebesar 0,000. Dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Angka signifikansi (P value) sebesar $0,000 < 0,05$. Berdasarkan perbandingan tersebut, maka H_0 ditolak atau berarti variabel sosial, ekonomi, dan lingkungan mempunyai pengaruh yang signifikan secara bersama-sama terhadap variabel keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

3.3.2 Uji t (Uji Signifikan Parametrik Individual)

1. Hasil uji t pertama (variabel sosial)

Pada variabel sosial dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Angka signifikansi (P Value) sebesar $0,000 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti variabel sosial secara parsial mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

2. Hasil uji t kedua (variabel ekonomi)

Pada variabel ekonomi dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Angka signifikansi (P Value) sebesar $0,000 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti variabel ekonomi secara parsial mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

3. Hasil uji t ketiga (variabel lingkungan)

Pada variabel lingkungan dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Angka signifikansi (P Value) sebesar $0,000 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti variabel lingkungan secara parsial mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel keberadaan jalan tol layang AP Pettarani.

3.3.3 Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Berdasarkan tabel menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,992 atau 99,2%. Hal ini dapat diartikan bahwa variabel independen (sosial, ekonomi dan lingkungan) dapat menjelaskan variabel dependen sebesar 99,2% sisanya 0,80% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diteliti.

3.4 Analisis Regresi Linier Berganda

Hasil regresi dengan menggunakan SPSS ver. 21 diperoleh koefisien regresi seperti pada tabel berikut. Berdasarkan tabel diperoleh persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

$$Y = 0,711 + 0,976X_1 + 0,998X_2 + 0,985X_3$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.711	.536		1.326	.187
1 X1	.976	.029	.342	34.208	.000
X2	.998	.028	.391	35.451	.000
X3	.985	.021	.462	46.105	.000

Dijelaskan sebagai berikut:

1. Nilai koefisien konstanta bernilai positif dan jika segala sesuatu pada variabel – variabel bebas (*Independent*) dianggap konstan maka nilai keberadaan jalan Tol Layang AP. Pettarani adalah 0,711.
2. Nilai 0,976 pada variabel sosial (X_1) adalah bernilai positif dan apabila nilai aspek sosial meningkat sebesar satu – satuan atau satu tingkat maka akan terjadi peningkatan terhadap keberadaan jalan tol Layang AP. Pettarani sebesar $(0,711 + 0,976 = 1,687)$ menjadi 1,687 dengan asumsi variabel yang lainnya tetap atau konstan ($X_2 + X_3 = 0$).
3. Nilai 0,998 pada variabel ekonomi (X_2) adalah bernilai positif dan apabila nilai aspek ekonomi meningkat sebesar satu – satuan atau satu tingkat maka akan terjadi peningkatan terhadap keberadaan jalan tol layang AP. Pettarani sebesar $(0,711 + 0,998 = 1,709)$ menjadi 1,709 dengan asumsi variabel yang lainnya tetap atau konstan ($X_1 + X_3 = 0$).
4. Nilai 0,985 pada variabel lingkungan (X_3) adalah bernilai positif dan apabila nilai aspek lingkungan meningkat sebesar satu – satuan atau satu tingkat maka akan terjadi peningkatan terhadap keberadaan jalan tol layang AP. Pettarani sebesar $(0,711 + 0,985 = 1,696)$ menjadi 1,687 dengan asumsi variabel yang lainnya tetap atau konstan ($X_1 + X_2 = 0$).

4. KESIMPULAN

Persepsi perubahan pada aspek sosial mempunyai pengaruh signifikan dan bersifat positif terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani berdasarkan hasil statistik kualitatif yaitu aspek sosial memberi pengaruh sebesar 0,976, pengaruhnya terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani sebesar 26,6 % dan indikator yang paling besar pengaruhnya adalah X1.1 (Tingkat Stress). Persepsi perubahan pada aspek ekonomi mempunyai pengaruh yang signifikan dan bersifat positif terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani berdasarkan hasil statistik kualitatif yaitu aspek ekonomi memberi pengaruh sebesar 0,998, pengaruhnya terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani sebesar 33,6 % dan indikator yang paling besar pengaruhnya adalah X2.2 (Biaya BBM). Persepsi perubahan pada aspek lingkungan mempunyai pengaruh yang signifikan dan bersifat positif terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani berdasarkan hasil statistik kualitatif yaitu aspek lingkungan memberi pengaruh sebesar 0,985, pengaruhnya terhadap keberadaan jalan tol layang AP Pettarani sebesar 33,6 % dan indikator yang paling besar pengaruhnya adalah X3.2 (Tingkat Polusi Udara dari Asap Kendaraan).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Meidianisa. 2016. *Analisis Dampak Sosial Ekonomi Pengguna Jalan Akibat Kemacetan Lalu Lintas Di Banda Aceh*. Aceh: Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik. Vol.3, No.1:26-33.
- Arrang, A. T. (2016). Tinjauan Keselamatan Lalu Lintas terhadap Geometrik Jalan Ruas Toraja–Palopo (Studi Kasus Sta. 379+ 170–Sta. 383+ 300). *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(2), 149-154.
- Boediningsih, W. 2011. *Dampak Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Polusi Udara Kota Surabaya*. Jurnal, Fisru, A. A. (2019). Tinjauan Kecelakaan lalu Lintas Antar Wilayah Pada Jalan Trans Provinsi Sulawesi Selatan. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik*, 4(1), 53-65.
- Hidayat, Rahmat, Diana Sapha. 2017. *Dampak Kemacetan Terhadap Sosial Ekonomi Pengguna Jalan di Kota Banda Aceh*. Banda Aceh: Jurnal Ilmiah Mahasiswa. Vol.2, No.1:176-186.

- Humang, W. P., & Amrin, A. (2018). Peningkatan Akses Jalan Untuk Menunjang Distribusi Hasil Produksi Kota Terpadu Mandiri (Ktm) Air Terang Kabupaten Buol. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(2), 111-124.
- Ismadarni. 2012. *Pengaruh Aspek Sosial Ekonomi Masyarakat terhadap Bangkitan Pergerakan Zona Kemacetan di Kota Palu*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi.
- Pangaribuan, Gerhard P. 2005. *Perhitungan Biaya Kemacetan pada Sekitar Wilayah Pengendalian Lalu Lintas*. Program Pascasarjana. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Pangaribuan, Silvana Monica, 2014. *Analisis Dampak Kemacetan Terhadap Sosial Ekonomi Pengguna Jalan di Kota Medan (Studi Kasus: Area Simpang Pos)*. Skripsi, Medan: Fakultas Ekonomi Universitas Sumatera Utara.
- Pratiwi, Rizqa Hardini, 2016. *Dampak Kemacetan terhadap Kondisi Sosial dan Ekonomi Pengguna Jalan di Jakarta Utara*. Skripsi, Jakarta: Fakultas Ekonomi dan Bisnis Unpas Bandung.
- Said. L.B, Maryam H, and Abdul H.H, 2017, Society's Behavior of Personal Transportation Utilization in Makassar South Sulawesi Indonesia, Scintific Academic Publishing, 7(3) p:131-137, P-ISSN : 2162-9374 ; e-ISSN : 2162-8416.
- Said. L.B, A. Kadir S, A Alifuddin, 2017, A Mixture of Traffic Circle and Underpass to Increase Capacity of Intersection, Medwell Journals Scientific Research Publishing Company, Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(8) p:8436-8440, ISSN : 1816-949X ; e-ISSN : 1818-7803.
- Said. L.B, Ilham S, 2019, Integrated and Coordinated Traffic Management Based On Central Business District In Makassar City Indonesia, IAEME Publication, Scopus Indexed, pISSN 0976-6308 e-ISSN 0976-6316, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET) 10(01), pp. 2210-2223.
- Sari, D. A., & Kisman, A. (2021). Penilaian Kondisi Jalan Poros Sabbang Selatan Menggunakan Metode Surface Distress Index. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(1), 24-31.
- Silondae, Sutami, Ernawati dan Abdul Azis Muthalib. 2016. *Keterkaitan Jalur Transportasi dan Interaksi Ekonomi Kabupaten Konawe Utara dengan Kabupaten/Kota Sekitarnya*. Kendari: Jurnal Progres Ekonomi Pembangunan. Vol.1, No.1:49-64.
- Watono, W., Muin, S. A., CA, M. R., & Firdaus, D. (2020). Analisa Biaya Penanganan Berdasarkan Penilaian Kondisi Jalan dengan Metode Road Condition Index (RCI) pada Ruas Jalan Hertasning. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 5(1), 11-18.

Pengaruh Pergerakan Putar Balik Arah terhadap Kinerja Ruas Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar

Rani Bastari Alkam¹, Muh. Ilham Marhabang², Muh. Ikhwan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia,
Jl. Urip Sumoharjo KM 05, Kota Makassar Sulawesi Selatan 90234

E-mail: ¹rani.bastari@umi.ac.id, ²ilhambollo@gmail.com, ³muhikhwan09@gmail.com

Abstrak

Aktivitas putar balik arah pada beberapa bukaan median yang tersedia di sepanjang ruas Jalan Letjen Hertasning disinyalir sebagai pemicu kemacetan lalu lintas sebab pergerakan ini dapat menghambat pergerakan kendaraan pada kedua arah lalu lintas saat kendaraan memerlukan ruang manuver tambahan untuk menyelesaikan gerakan putar balik arah secara penuh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pergerakan putar balik arah terhadap kinerja ruas jalan pada Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar. Survei lalu lintas dilakukan pada lima pos pengamatan yang dipilih pada lima bukaan median pertama Jalan Letjen Hertasning yang berbatasan langsung dengan Jl. AP Pettarani selama tiga hari untuk segmen jam puncak pagi, siang, dan sore hari. Kinerja ruas jalan dianalisis mengikuti prosedur pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antrian kendaraan saat bermanuver untuk memutar arah khususnya pada jam puncak setara dengan panjang 9 kendaraan atau sepanjang 36 m. Antrian ini menyebabkan kapasitas ruas jalan berkurang sebesar 2,5-10% dari kapasitas sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan derajat kejenuhan, dan penurunan tingkat pelayanan ruas jalan Letjen Hertasning.

Kata Kunci

Bukaan median;
karakteristik lalu lintas;
putar balik arah; ruas jalan;
tingkat pelayanan

Abstract

The U-turn movement activities at several median openings available along the Letjen Hertasning road arguably is one of the triggering factors for the occurrence of traffic congestion on that road section because this movement creates hindrances to traffic flow in the same lane and the contra flow when the vehicle requires additional space to complete the movement. The purpose of this study is to reveal the consequence caused by the U-turn movement to the traffic performance of Letjen Hertasning road in Makassar City. The traffic surveys were conducted at five selected observation points at the first five median openings of Jalan Letjen Hertasning which is directly adjacent to Jl. AP Pettarani for three days at three peak hours segment which are in the morning, afternoon, and evening. The analysis of road performance follows the procedures in the Indonesian Road Capacity Manual. Research result shown that the length of vehicles queuing to finish the U-turn movement during the peak hours reached 9 vehicles with a queue length of 36 m. This queue causes the capacity of the road to decrease by 2.5-10% of the actual capacity which causes a decrease in speed, an increase in the degree of saturation, and a reduction in the level of service of the road.

Keywords

Level of service; median opening; road segment; traffic characteristic; U-turn;

1. PENDAHULUAN

Permasalahan lalu lintas yang bersifat heterogen dan menjadi karakteristik kota besar di Indonesia termasuk Kota Makassar adalah kemacetan, tundaan, dan antrian yang semakin diperparah oleh faktor sosial demografi (Aly, 2012). Per tahun 2019, jumlah penduduk di Kota Makassar tercatat lebih dari 1,5 juta jiwa dengan angka pertumbuhan sebesar 1,23% (BPS, 2020). Peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan pergerakan kendaraan di jalan dan secara tidak langsung berkontribusi pada permasalahan kemacetan terutama jika peningkatan permintaan tersebut tidak mampu diimbangi oleh ketersediaan ruang jalan (Ali & Abidin, 2019). Jumlah pergerakan yang berlalu-lalang di jalan arteri di Kota Makassar semakin bertambah pada siang

hari akibat masuknya pergerakan eksternal dari daerah tetangga seperti dari Kabupaten Gowa, Takalar, dan Maros (Mahsyar, 2014). Kompleksitas kemacetan ini menjadi fenomena yang kerap terjadi di salah satu ruas jalan utama di Kota Makassar yaitu ruas Jalan Letjen Hertasning.

Peran ruas Jalan Letjen Hertasning yang menjembatani daerah administratif Kota Makassar dan Kabupaten Gowa menimbulkan eskalasi arus lalu lintas di ruas jalan ini (M. Rahman et al., 2016). Dinamika perkembangan koridor ruas jalan ini juga tergambar dari pesatnya pembangunan kawasan pemukiman dan pembangunan fungsi-fungsi ekonomi komersil dan pendidikan di sisi ruas jalan (Sakti, 2016). Selain itu, Jalan Letjen Hertasning yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Gowa dan lingkaran tengah Makassar Jl. A.P Pettarani termasuk dalam rencana pembangunan jalan akses *Center Point of Indonesia* (Arifin et al., 2021). Peran ruas jalan Hertasning sebagai bagian penting dari jaringan jalan perkotaan di Kota Makassar menyebabkan tingginya intensitas pergerakan kendaraan di ruas jalan ini setiap harinya. Berdasarkan klasifikasi jalan, Jalan Letjen Hertasning tergolong jalan Arteri sedangkan menurut klasifikasi penggunaan jalan, jalan ini merupakan jalan Kelas I dengan pelayanan pergerakan dua arah (Badaron et al., 2020). Ditinjau dari konfigurasi lajur, Jalan Letjen Hertasning terdiri dari enam lajur bermedian.

Fungsi pokok dari median jalan yaitu sebagai pemisah arus lalu lintas yang bergerak pada arah berlawanan, pereduksi area konflik kendaraan, dan juga sebagai pengubah kecepatan kendaraan pada lajur perlambatan/percepatan untuk lalu lintas belok kanan dan putar balik arah (Romadhona et al., 2019). Sebagai bagian dari perencanaan median, bukaan median disediakan sebagai ruang bagi pengemudi merotasi arah pergerakan kendaraan atau disebut gerakan putar balik arah disingkat menjadi gerakan PBA. Ada beberapa titik bukaan median di sepanjang Jalan Letjen Hertasning. Gerakan PBA di bukaan median seringkali mengganggu pergerakan lalu lintas menerus di ruas jalan karena saat tiba di bukaan, kendaraan yang akan putar balik arah harus menunggu tersedianya radius perputaran yang cukup untuk melakukan gerakan manuver (Sano et al., 2013). Aktivitas kendaraan di bukaan median (arus minor) tidak hanya menyebabkan keterlambatan dan antrian pada arus minor itu sendiri tetapi juga pada arus mayor, terutama pada tepi median yang berimpit dengan arus mayor untuk gerakan *merging* dan *diverging* (Radjawane, 2020).

Meskipun bukaan median telah efektif dalam pengurangan konflik lalu lintas, pengaruhnya dalam mengurangi tingkat pelayanan jalan juga dirasakan pengguna jalan yang direpresentasikan dengan parameter kecepatan berkendara dan arus lalu lintas (R. Rahman & Ben-Edigbe, 2015). Mengukur kondisi tingkat pelayanan jalan dapat dilakukan melalui analisis kinerja ruas jalan yang diinterpretasikan berdasarkan nilai rasio arus dan kapasitas, kecepatan arus bebas, dan kapasitas ruas jalan (Setiawan et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pergerakan putar balik arah terhadap kinerja ruas jalan pada Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar. Lokus penelitian dikhususkan pada ruas Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar, pada putar balik arah depan SPBU Hertasning sampai putar balik arah depan PT. Penerbit Erlangga. Memahami karakteristik dan penyebab kemacetan pada ruas jalan perkotaan merupakan langkah inisiasi dalam perumusan kebijakan transportasi dan rencana manajemen lalu lintas (Chow et al., 2014). Karena itu, hasil dari penelitian ini diharapkan memberi sumbangsih pada pihak terkait sebagai referensi dalam merumuskan kebijakan manajemen lalu lintas serta penataan fasilitas PBA untuk mengurai kemacetan pada ruas jalan tersebut.

2. METODE

Penelitian ini merupakan studi kasus dengan metode observasi berupa survei lalu lintas. Survei dilakukan 3 hari, yaitu pada Hari Senin dan Kamis yang merepresentasikan hari kerja dan Hari Sabtu yang merepresentasikan akhir pekan. Waktu pengamatan dipilih pada jam puncak pagi, siang, dan sore di tiap harinya. Terdapat lima pos pengamatan yang dipilih pada lima bukaan median pertama Jalan Letjen Hertasning yang berbatasan langsung dengan Jl. AP Pettarani. Detail prosedur penelitian dijelaskan pada sub bab berikut.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Data masukan sebagai variabel untuk menganalisis kinerja ruas jalan diuraikan sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Jenis Data	Variabel Penelitian	Metode Pengumpulan Data
Data Primer	Volume lalu lintas	Menghitung banyaknya kendaraan yang melintas pada pos observasi per 15 menit untuk masing-masing arah dengan menggunakan pencacahan manual dan pencatatan pada formulir survei sesuai jenis kendaraan (Zulkipli & Yulfadli, 2017).
	Waktu tempuh	Data ini diperlukan untuk perhitungan kecepatan kendaraan sebagai salah satu karakteristik lalu lintas. <i>Stopwatch</i> difungsikan dalam menghitung durasi kendaraan saat melintasi segmen panjang jalan yang telah ditentukan dengan dua penanda pada awal dan akhir segmen (Titirlolobi et al., 2016).
	Panjang Antrian	Pengamatan panjang antrian dilakukan dengan mengamati panjang antrian kendaraan pada segmen putar balik arah yang telah ditentukan.
	Geometrik Jalan	Menggambarkan ukuran maupun bentuk jalan, berupa ukuran bagian fisik jalan yang diamati berdasarkan penampang memanjang dan melintang jalan (Lalenoh et al., 2015). Data yang diambil berupa lebar badan dan bahu jalan, lebar median jalan, jarak antar bukaan median, panjang ruas jalan dan fasilitas pelengkap jalan yang tersedia Menggunakan <i>roll meter</i> .
	Hambatan Samping	Kategori hambatan samping untuk lingkungan sisi jalan dikalkulasikan berdasarkan jumlah kendaraan parkir atau berhenti, kendaraan lambat dan tidak bermotor, kendaraan keluar-masuk, serta pejalan kaki yang terjadi tiap 200 m panjang jalan (Lowenta & Najid, 2019).
Data Sekunder	Jumlah penduduk	Data ini menjadi basis dalam pemilihan nilai faktor penyesuaian ukuran kota untuk analisis kapasitas ruas jalan (Arfandi et al., 2017). Diperoleh dari situs web Badan Pusat Statistik Kota Makassar.
	Peta lokasi	Diperlukan dalam penentuan titik bukaan median yang akan dijadikan sebagai pos pengamatan. Diperoleh dari <i>google maps</i> .

2.2 Metode Analisis Data

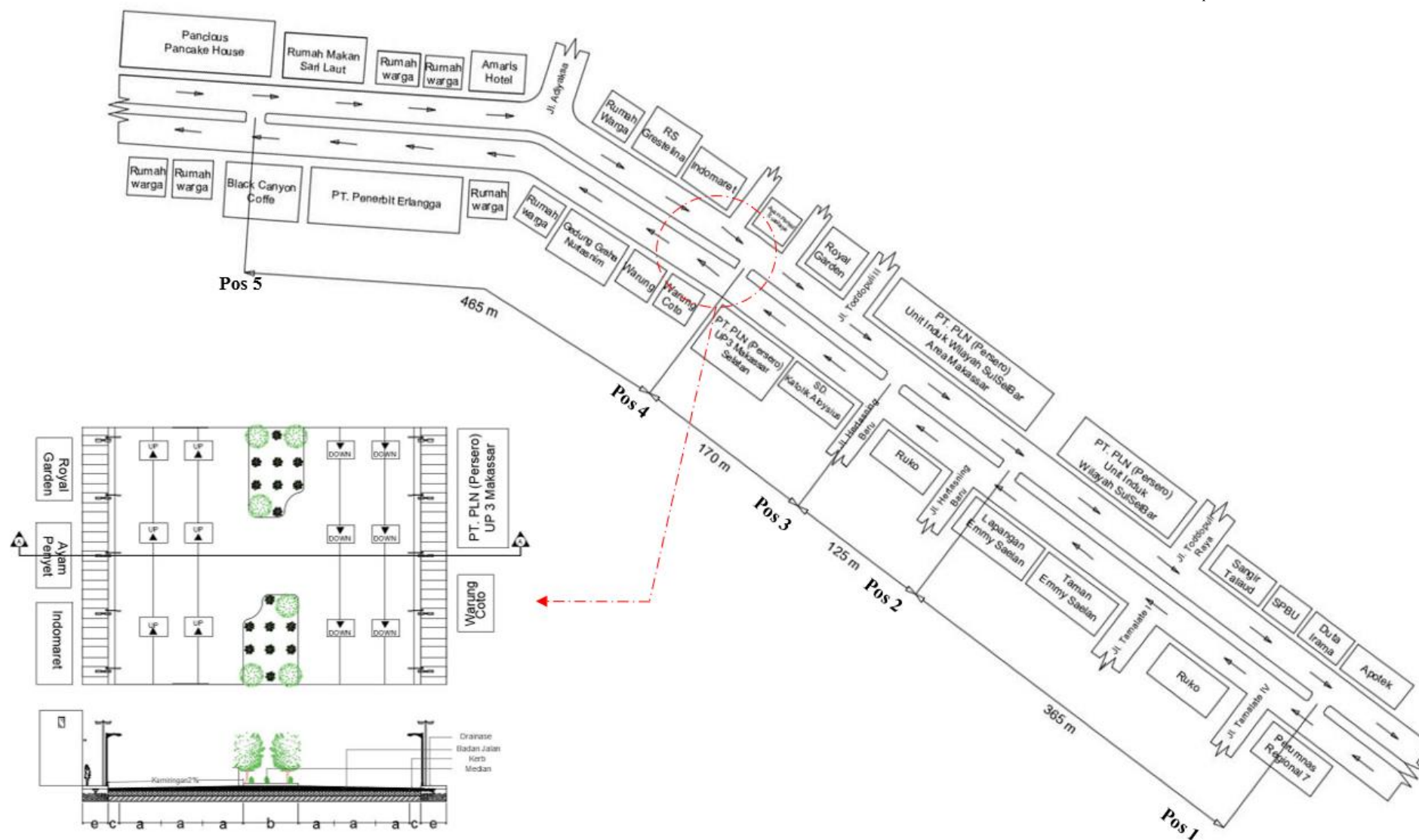
Data yang tercatat pada formulir survei lalu lintas selanjutnya dianalisis berdasarkan tahapan berikut.

- Untuk mengetahui kinerja ruas jalan Letjen Hertasning Kota Makassar, analisis data menggunakan analisis kuantitatif berdasarkan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 yaitu penentuan kapasitas (C), rasio arus kapasitas (V/C ratio), kecepatan arus bebas (FV), serta tingkat pelayanan (LOS).
- Untuk mengetahui pengaruh pergerakan putar balik arah dilakukan analisis panjang antrian dan waktu tundaan yang terjadi saat kendaraan bermanuver pada bukaan median di tiap pos pengamatan lalu dilakukan perbandingan karakteristik lalu lintas dan kinerja ruas jalan pada lima pos pengamatan tersebut.

3. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

3.1 Geometrik Ruas Jalan

Data geometrik jalan dikumpulkan pada lima bukaan median terpilih dengan pengukuran langsung di lapangan. Dimensi ruas jalan meliputi lebar lajur, lebar kerb, lebar bukaan, lebar median, dan jarak antar fasilitas putar balik arah merupakan variabel yang diperlukan dalam analisis kapasitas ruas jalan dan analisis karakteristik kendaraan pada putar balik arah yang ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Geometrik Ruas Jalan

Gambar 1 menunjukkan letak dan jarak antara lima pos pengamatan yang dijadikan lokasi survei dalam penelitian ini. Detail potongan melintang untuk ke lima bukaan median tersebut adalah sebagai berikut

Tabel 2. Ukuran Penampang Melintang Jalan pada Bukaan Median

Keterangan: kiri: Jalur kiri (Arah menuju Gowa)

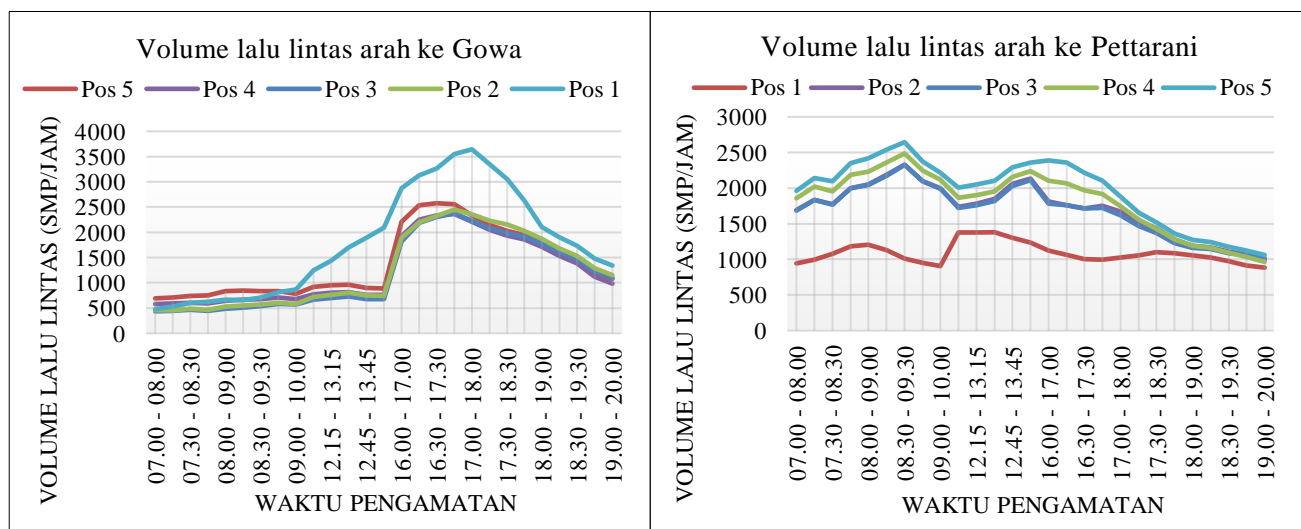
Pos Pengamatan	Lebar lajur (a)		Lebar median (b)		Lebar kerb (c)		Lebar bukaan		Drainase (e)		Jumlah lajur (f)	
	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan
Pos 1	3,50 m	3,50 m	3,05 m	3,05 m	0,3 m	0,3 m	12,5 m	12,5 m	2 m	2 m	3	3
Pos 2	2,66 m	2,70 m	3,10 m	3,10 m	0,3 m	0,3 m	12,5 m	12,5 m	2 m	2 m	3	3
Pos 3	2,70 m	2,73 m	3,10 m	3,10 m	0,3 m	0,3 m	13 m	13 m	2 m	2 m	3	3
Pos 4	3,33 m	3 m	5 m	5 m	0,3 m	0,3 m	15 m	15 m	2 m	2 m	3	3
Pos 5	4,06 m	3,33 m	5 m	5 m	0,3 m	0,3 m	15 m	15 m	2 m	2 m	3	3

kanan: Jalur kanan (Arah menuju Pettarani)

Berdasarkan aturan Bina Marga jarak antar putar balik arah adalah 500-800m. Dari hasil survei jarak antar putar balik arah pada Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar dapat dilihat pada Gambar 1 yang artinya jarak antar bukaan di setiap pos tidak ada yang sesuai dengan peraturan yang ditetapkan dalam buku Pedoman Dirjen Bina Marga.

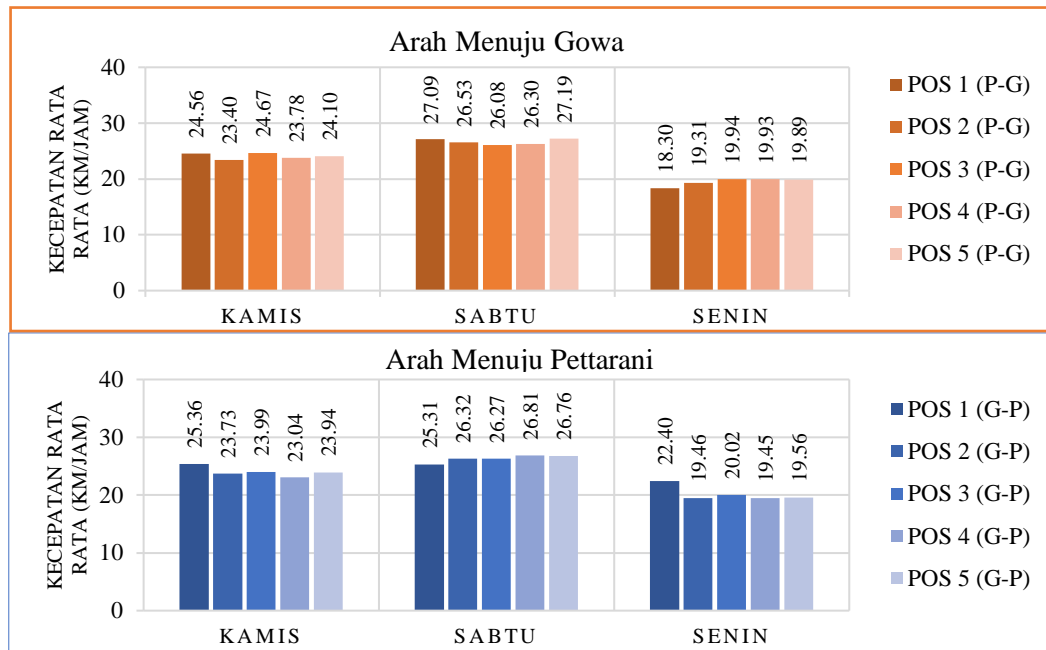
3.2 Karakteristik Lalu Lintas di Jalan Letjen Hertasning

Ada dua klasifikasi arah pergerakan yang direkapitulasi yaitu arah dari Pettarani menuju Gowa (P-G) dan arah dari Gowa menuju Pettarani (G-P). Besarnya arus lalu lintas diplot pada grafik dengan sumbu X yaitu waktu pengamatan dan sumbu Y yaitu volume kendaraan dalam satuan smp/jam. Komposisi kendaraan dengan klasifikasi berupa kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan tak bermotor kemudian dikonversi ke nilai smp/jam dengan pengali berupa nilai ekuivalensi mobil penumpang. Berikut adalah fluktuasi jumlah kendaraan yang dipilih dari nilai tertinggi antara tiga hari pengamatan setiap jamnya.



Gambar 2. Volume Lalu Lintas di Tiap Pos Pengamatan

Dari data di atas kemudian dipilih volume puncak untuk tiap pos di masing-masing arah yang selanjutnya dijadikan sebagai data masukan untuk analisis kinerja ruas jalan. Selain pengamatan arus lalu lintas, juga dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata kendaraan berdasarkan perbandingan antara jarak segmen jalan (50 m) dengan waktu tempuh tiap kendaraan yang disajikan pada grafik berikut:



Gambar 3. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan di Tiap Pos Pengamatan

Perbedaan kecepatan kendaraan pada setiap pos pengamatan disebabkan karena adanya antrian kendaraan yang terjadi pada titik putar balik arah yang mengakibatkan pengurangan kecepatan oleh pengguna jalan dan juga disebabkan karena padatnya kendaraan di titik tersebut baik untuk kendaraan lurus maupun yang berputar.

3.3 Perhitungan Kapasitas Ruas Jalan Letjen Hertasning

Perhitungan kapasitas dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan nilai kapasitas (C) dengan nilai kapasitas dasar (Co). Perhitungan dilakukan pada 5 pos penelitian dengan menggunakan rumus pada MKJI 1997 sebagai berikut (Mudiyono & Anindyawati, 2017):

$$C = Co \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \text{ (smp/jam)} \quad (1)$$

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Jalan pada Tiap Pos Pengamatan

Pos Pengamatan	Kapasitas Dasar (Co) (smp/jam)	Faktor Penyesuaian				Kapasitas (c) (smp/jam)
		Lebar Jalur FC _w	Pemisah Arah FC _{sp}	Hambatan Samping FC _{sf}	Ukuran Kota FC _{cs}	
Pos 1 (G-P)	4950	1,00	1,00	0,952	1,00	4712,40
Pos 2 (G-P)	4950	0,92	1,00	0,952	1,00	4335,41
Pos 3 (G-P)	4950	0,92	1,00	0,96	1,00	4371,84
Pos 4 (G-P)	4950	0,96	1,00	0,96	1,00	4561,92
Pos 5 (G-P)	4950	1,08	1,00	0,96	1,00	5132,16
Pos 1 (P-G)	4950	1,00	1,00	0,96	1,00	4752,00
Pos 2 (P-G)	4950	0,92	1,00	0,96	1,00	4371,84
Pos 3 (P-G)	4950	0,92	1,00	0,96	1,00	4371,84
Pos 4 (P-G)	4950	0,92	1,00	0,96	1,00	4371,84
Pos 5 (P-G)	4950	0,96	1,00	0,96	1,00	4561,92

Perhitungan kapasitas dilakukan per jalur dimana konfigurasi jalur di jalan ini yaitu 6/2 D. Perbedaan kapasitas yang terjadi pada setiap titik pengamatan disebabkan karena ruas jalan ini memiliki kondisi geometrik jalan dan hambatan samping yang bervariasi di tiap titik sehingga mempengaruhi faktor lebar jalur dan faktor penyesuaian hambatan samping. Adapun untuk faktor lainnya diperoleh nilai yang sama untuk setiap pos pengamatan.

3.4 Perhitungan Kinerja Ruas Jalan Letjen Hertasning

Salah satu indikator tingkat kemacetan pada ruas jalan adalah tingkat pelayanan jalan tersebut yang juga merupakan salah satu parameter dalam mengukur kinerja ruas jalan. Sebelum mengukur tingkat pelayanan, terlebih dahulu dihitung derajat kejenuhan (DS) dan kecepatan arus bebas pada tiap lokasi pengamatan menggunakan rumus berikut (Mudiyono & Anindiyawati, 2017):

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (2)$$

dimana: Q= Volume lalu lintas (smp/jam)

C= Kapasitas (smp/jam)

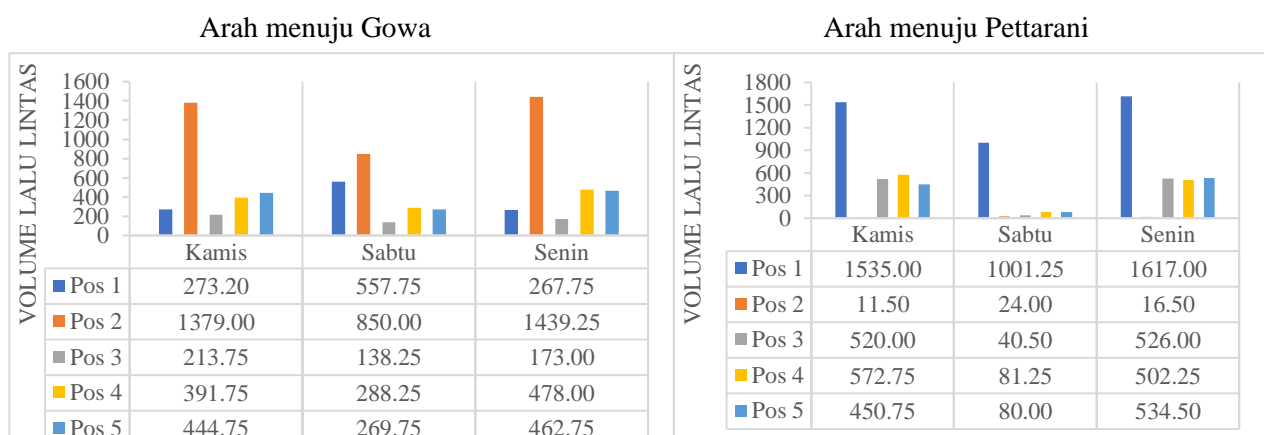
Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Kinerja Ruas Jalan

Pos Pengamatan	Volume Lalu Lintas (Q) smp/jam	Kapasitas Ruas Jalan (C) smp/jam	Kinerja Ruas Jalan		
			Derajat kejenuhan (DS)	Kecepatan Arus Bebas (FV) (km/jam)	Tingkat Pelayanan
Pos 1 (GP)	1380,45	4712,40	0,29	55,63	B
Pos 2 (GP)	2329,70	4335,41	0,54	51,73	C
Pos 3 (GP)	2325,90	4371,84	0,53	53,00	C
Pos 4 (GP)	2487,15	4561,92	0,55	55,00	C
Pos 5 (GP)	2644,65	5132,16	0,52	61,00	C
Pos 5 (PG)	2644,65	4561,92	0,58	55,00	C
Pos 4 (PG)	2487,15	4371,84	0,57	53,00	C
Pos 3 (PG)	2376,10	4371,84	0,54	53,00	C
Pos 2 (PG)	2451,10	4371,84	0,56	53,00	C
Pos 1 (PG)	3643,20	4752,00	0,77	57,00	D

Nilai pada tabel 4 menunjukkan bahwa untuk arah menuju AP Pettarani pada pos 1 dengan tingkat pelayanan B arus masih stabil dan pengemudi masih dapat bebas dalam memilih kecepatannya. Menuju ke pos 2 sampai pos 5, tingkat pelayanan di level C yang artinya arus masih stabil namun pengendara sudah dibatasi dalam memilih kecepatan. Sedangkan untuk tingkat pelayanan dari jalan AP Pettarani menuju Gowa berada dikategori “C” mulai dari pada pos 5 ke pos 2 dan menjadi tingkat pelayanan D di pos 1 yang menandakan arus menjadi tidak stabil, kecepatan dipilih pada interval nilai rendah dan variatif, dan jumlah kendaraan yang melintas hampir menyamai kapasitas jalan.

3.5 Karakteristik Lalu Lintas pada Buka Median

Data lain yang dikumpulkan adalah karakteristik lalu lintas untuk pergerakan putar balik arah diantaranya yaitu survei volume kendaraan yang berputar arah untuk tiap jenis kendaraan yang kemudian di konversi menjadi smp/jam.



Gambar 4. Volume Kendaraan Maksimum yang Putar Balik Arah di Tiap Pos Pengamatan (smp/jam)

Untuk kendaraan yang putar balik arah menuju Gowa, volume saat *peak hour* pada Hari Kamis terjadi pada pos 2 yang mencapai 1379 smp/jam, pada Hari Sabtu juga terjadi pada pos 2 mencapai 850 smp/jam, dan untuk Hari Senin juga pada pos 2 yang mencapai 1439 smp/jam. Hasil ini menunjukkan bahwa pergerakan putar balik arah yang paling tinggi untuk pergerakan menuju Gowa konsisten terjadi di Pos 2 (depan Taman Emmy Saelan/ PT PLN Persero). Di jalur lain yaitu untuk arus menuju Jl. AP Pettarani, data survei untuk ketiga hari pengamatan menunjukkan bahwa pergerakan putar balik arah maksimum terjadi di pos 1 (bukaan median di depan SPBU Hertasning) dengan volume maksimum untuk hari Kamis, Sabtu, dan Senin berturut-turut sebesar 1535; 1001,25; dan 1617 smp/ jam.

Selain menghitung jumlah kendaraan yang putar balik arah, juga dilakukan perhitungan panjang antrian dan waktu tunda kendaraan pada fasilitas putar balik arah. Untuk menganalisis panjang antrian, maka input data berupa banyaknya kendaraan yang melakukan PBA, dan durasi yang dibutuhkan kendaraan untuk menyelesaikan gerakan tersebut pada bukaan sedangkan tundaan/ waktu tunda merupakan tambahan durasi yang dibutuhkan kendaraan saat berputar yang diakibatkan oleh gangguan dari kendaraan lain disekitarnya. Pemodelan tundaan pada fasilitas PBA adalah fungsi dari volume lalu lintas dua arah di sisi median yang diformulasikan sebagai berikut (Al-Masaeid, 1999):

$$TD = 6,6 \times e^{qc/1200} \quad (3)$$

dimana:

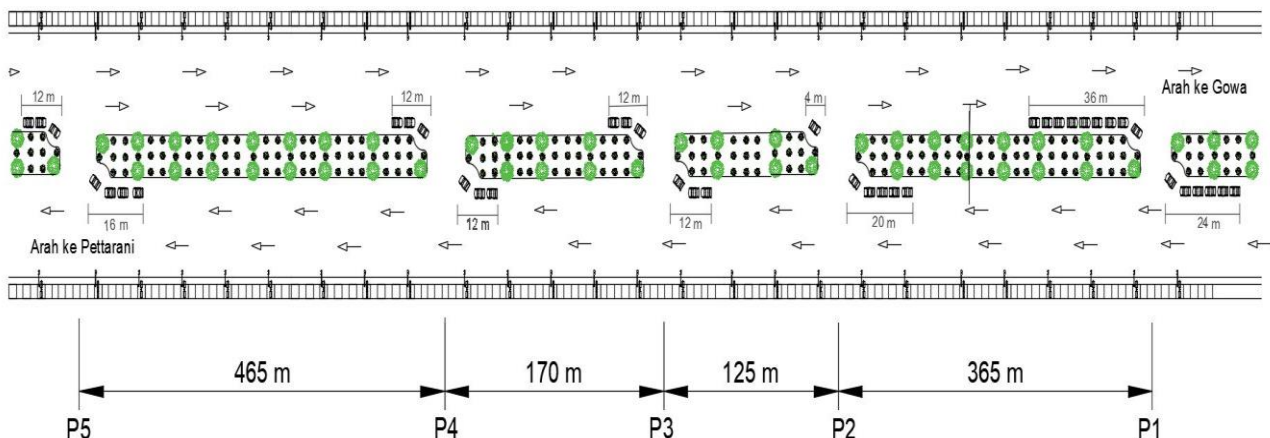
TD = rata-rata total tundaan kendaraan yang melakukan PBA (detik/kendaraan)

qc = Arus lalu lintas dari arah yang berseberangan (smp/jam)

Nilai panjang antrian dan tundaan kendaraan disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. Panjang Antrian Kendaraan dan Waktu Tunda Kendaraan pada Tiap Pos Pengamatan

Pos pengamatan	<i>Qc Conflicting traffic flow</i> (smp/jam)	Waktu jam puncak	Panjang antrian kendaraan (m)	Waktu tunda (detik/kend)
Pos 1 (G-P)	2428,80	17.00 - 18.00	24	49,95
Pos 2 (G-P)	491,17	13.00 - 14.00	20	9,94
Pos 3 (G-P)	1324,17	17.30 - 18.30	12	19,90
Pos 4 (G-P)	1498,20	16.15 - 17.15	12	23,00
Pos 5 (G-P)	1693,20	16.15 - 17.15	16	27,06
Pos 1 (P-G)	509,53	17.00 - 18.00	36	10,09
Pos 2 (P-G)	1171,37	16.15 - 17.15	4	17,52
Pos 3 (P-G)	1171,37	16.15 - 17.15	12	17,52
Pos 4 (P-G)	1378,87	16.15 - 17.15	12	20,82
Pos 5 (P-G)	1573,87	16.15 - 17.15	12	24,50



Gambar 5. Panjang Antrian Kendaraan yang Terjadi pada Tiap Pos Pengamatan

3.6 Diskusi

Dari penyajian data pada sub-sub bab sebelumnya, ada beberapa hasil yang digarisbawahi peneliti berkaitan dengan pengaruh pergerakan putar balik arah terhadap kinerja ruas jalan, sebagai berikut:

- a. Pada Pos 1 terjadi antrian kendaraan sepanjang 36 m atau sekitar 9 kendaraan yang mengantri, dimana waktu tunda setiap kendaraan dalam melakukan putar balik arah yaitu 49,95 detik/kendaraan. Panjang antrian kendaraan ini berpengaruh terhadap kapasitas jalan sekitar 10% karena dengan adanya antrian kendaraan yang akan menggunakan fasilitas U-Turn mengakibatkan jalan yang mulanya 3 lajur menjadi 2 lajur sehingga kapasitas ruas jalan berkurang.
- b. Pada Pos 2, saat jam puncak terjadi antrian kendaraan sepanjang 20 atau sekitar 5 kendaraan, dimana waktu tunda yaitu 17,52 detik/kendaraan untuk melakukan putar balik arah, panjang antrian kendaraan juga berpengaruh terhadap kapasitas jalan sekitar 7%.
- c. Pada pos 3, antrian kendaraan sepanjang 12 m atau sekitar 3 kendaraan, waktu tunda 19,90 detik/kendaraan untuk melakukan putar balik arah dan panjang antrian kendaraan juga berpengaruh terhadap kapasitas jalan sekitar 7%.
- d. Pada pos 4 volume kendaraan yang berputar balik arah mencapai 478 smp/jam, dengan panjang antrian kendaraan sepanjang 12 m atau sebanyak 3 kendaraan yang mengantri. Waktu tunda yaitu 20,82 detik/kendaraan dengan pengaruh pengurangan terhadap kapasitas jalan sekitar 7%.
- e. Pada pos 5 volume kendaraan yang berputar balik arah mencapai 462,75 smp/jam dengan panjang antrian sepanjang 16 m dengan perkiraan kendaraan yang mengantri sekitar 4 kendaraan dengan waktu tunda 24,50 detik/kendaraan untuk melakukan putar balik arah. Antrian ini menyebabkan pengurangan kapasitas jalan sebesar 3,5%.
- f. Dua variabel yang mempengaruhi nilai tundaan kendaraan saat berputar balik arah yaitu lebar bukaan median dan arus lalu lintas arah berlawanan.
- g. Terdapat hubungan berbanding lurus antara rasio volume/ kapasitas dengan volume kendaraan yang berputar balik arah yaitu semakin tinggi volume putar balik arah, maka nilai rasio volume/ kapasitas juga semakin tinggi disebabkan adanya pengurangan kapasitas ruas jalan.
- h. Pada saat pengemudi mendekati fasilitas PBA dilakukan anjangan berupa pengurangan kecepatan perjalanan. Kecepatan kendaraan semakin diturunkan terutama jika berpapasan dengan kendaraan lain yang juga melakukan manuver di bukaan median yang sama. Hal inilah yang menyebabkan hasil survei kecepatan pada setiap pos-pos pengamatan dimana mengalami penurunan.

4. KESIMPULAN

Pergerakan putar balik arah pada lima bukaan median yang diamati menyebabkan terjadinya antrian kendaraan dengan panjang berkisar antara 4 hingga 36 m yang menyebabkan setiap kendaraan mendapatkan waktu tunda selama 9,94- 49,95 detik/ kendaraan saat bermanuver. Nilai ini dipengaruhi oleh volume lalu lintas di sekitar bukaan dan lebar bukaan median tersebut. Antrian kendaraan ini mengambil alih 1 lajur jalan dari setiap arah lalu lintas sehingga kapasitas ruas jalan berkurang sebesar 2,5-10% dari kapasitas sesungguhnya. Pengurangan kapasitas ini menyebabkan terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan derajat kejenuhan, dan penurunan tingkat pelayanan ruas jalan Letjen Hertasning.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dirampungkan karena adanya dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak mulai dari tim surveyor yang sangat kooperatif dalam mengumpulkan data di lapangan dan juga kepada pimpinan Program Studi, fakultas, dan universitas utamanya yang berkecimpung di Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya UMI.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Masaeid, H. R. (1999). Capacity of U-turn at median openings. *ITE Journal (Institute of Transportation Engineers)*, 69(6), 28–30, 32, 34.
- Ali, M. I., & Abidin, M. R. (2019). Pengaruh Kepadatan Penduduk Terhadap Intensitas Kemacetan Lalu

- Lintas Di Kecamatan Rappocini Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar*, 68–73. [http://eprints.unm.ac.id/17795/1/prosiding Pengaruh Kepadatan Penduduk.pdf](http://eprints.unm.ac.id/17795/1/prosiding%20Pengaruh%20Kepadatan%20Penduduk.pdf)
- Aly, S. H. (2012). Model Hubungan Karakteristik Makro Lalu Lintas yang Bersifat Heterogen di Kota Makassar. *Prosiding Teknik Sipil Universitas Hassanudin*, TS12-1-TS12-10.
- Arfandi, A., Pertiwi, N., & Rahmatan, R. (2017). Analisis Tingkat Pelayanan Jalan Andi Djemma Kota Makasar. *Jurnal Inovasi Dan Pelayanan Publik Makasar*, 1(1), 38–52.
- Arifin, A. E. S., Surya, B., & Salim, A. (2021). Dampak Urban Sprawl Terhadap Pola Pergerakan Studi Pada Koridor Jalan Letjend. Hertasning Kota Makassar. *Urban and Regional Studies Journal*, 3(1), 23–31. <https://doi.org/10.35965/ursj.v3i1.606>
- Badaron, S. F., Watono, W., Abd. Muin, S., C.A, M. R., & Firdaus, D. (2020). Analisa Biaya Penanganan Berdasarkan Penilaian Kondisi Jalan dengan Metode Road Condition Index (RCI) pada Ruas Jalan Hertasning. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 5(1), 11. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v5i1.599
- BPS. (2020). *Kota Makassar dalam Angka 2020* (Seksi Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik (ed.)). Badan Pusat Statistik Kota Makassar. <https://makassarkota.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=YmMzYTQ3MDU0YzM4NmJh>
- Chow, A. H. F., Santacreu, A., Tsapakis, I., Tanasaranond, G., & Cheng, T. (2014). Empirical assessment of urban traffic congestion. *Journal of Advanced Transportation*, 48(8). <https://doi.org/10.1002/atr.1241>
- Lalenoh, R. H., Sendow, T. K., & Jansen, F. (2015). Analisa Kapasitas Ruas Jalan Sam Ratulangi Dengan Metode Mkji 1997 Dan Pkji 2014. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 737–746.
- Lowenta, L., & Najid, N. (2019). Penentuan Kapasitas Jalan Dua Lajur Dua Arah Tidak Terbagi Dengan Metode Mkji, Konsep Pkji, Dan Survei. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(3), 27. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i3.5675>
- Mahsyar, A. (2014). Model Koordinasi Antarinstansi Pemerintah Dalam Penanggulangan Kemacetan Lalu Lintas Di Kota Makassar. *Jurnal EL-RIYASAH*. <https://doi.org/10.24014/jel.v5i2.649>
- Mudiyono, R., & Anindyawati, N. (2017). Analisis Kinerja Jalan Majapahit Kota Semarang (Studi Kasus: Segmen Jalan Depan Kantor Pegadaian Sampai Jembatan Tol Gayamsari). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dalam Pengembangan SmartCity*, 1(1), 345–354.
- Radjawane, L. E. (2020). The effect of median opening on traffic characteristics on the arterial street. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012102>
- Rahman, M., Haerany, H., & Idrus, M. (2016). Pengaruh Aktivitas Perdagangan dan Jasa Terhadap Volume Lalu Lintas di Ruas Jalan Hertasning Kota Makassar. *Plano Madani : Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 5(2), 192–201. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/planomadani/article/view/1588>
- Rahman, R., & Ben-Edigbe, J. (2015). Impact of Multilane Median Openings Zone on Travel Speed. *Jurnal Teknologi*, 73(4), 15–20. <https://doi.org/10.11113/jt.v73.4279>
- Romadhona, P. J., Bachnas, & Nurkumala, L. (2019). Traffic Performance of U-Turn Effects at Median Opening on Four-Lane Divided of Urban Street (Study Case: Yogyakarta, Indonesia). *MATEC Web of Conferences*, 280, 02002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928002002>
- Sakti, H. H. (2016). Fenomena Perubahan Pemanfaatan Ruang Dan Pertumbuhan Aktivitas Perkotaan (Kasus Koridor Ruas Jalan Hertasning - Samata di Makassar - Gowa). *Plano Madani*, 5(2), 171–179. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/planomadani>
- Sano, K., Jenjiwattanukul, T., & Nishiuchi, H. (2013). Capacity of U-turn Junction at Midblock Median Opening on Urban Arterial Based on Balancing Volume-to-capacity Ratio. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10, 1670–1686. <https://doi.org/10.11175/easts.10.1670>
- Setiawan, A., Yunus, I., Kasmuri, M., Universitas, M., Darma, B., Universitas, D., Darma, B., Jendral, J., Yani, A., & Palembang, N. (2018). Analisa Kinerja Ruas Jalan Pada Jalan Parameswara Kota Palembang. *Jurnal Ilmiah TEKNO*, 15(02), 11–22.
- Titirlolobi, A. I., Elisabeth, L., & Timboeleng, J. A. (2016). Analisa Kinerja Ruas Jalan Hasanuddin Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 2(Kinerja Ruas Jalan), 9.
- Zulkipli, S., & Yulfadli, Z. (2017). Pengaruh Volume Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kebisingan pada Jalan Bung Tomo Samarinda Seberang. *Kurva S*, 4(1), 131–136.

INDEXED BY:



INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INDONESIA

Engineering Faculty, Universitas Andi Djemma, Jl. Tandipau No. 5 Palopo
Email: penateknik@unanda.ac.id | penateknik.unanda@gmail.com
p-ISSN : 2502-8952 | e-ISSN : 2623-2197

